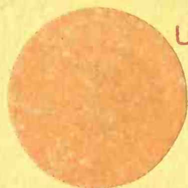
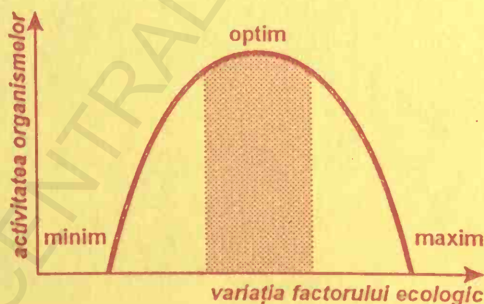


UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA" IAŞI
Facultatea de Biologie

Mircea Varvara Ştefan Zamfirescu Petre Neacşu

LUCRĂRI PRACTICE DE ECOLOGIE

MANUAL





EDITURA UNIVERSITĂŢII „ALEXANDRU IOAN CUZA"
Iaşi – 2001

UNIVERSITATEA " ALEXANDRU IOAN CUZA", IASI
Facultatea de Biologie

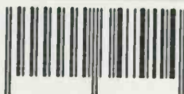
Mircea Varvara, Stefan Zamfirescu , Petre Neacşu

LUCRARI PRACTICE DE ECOLOGIE

MANUAL

IASI, 2001





Textul prezentului Manual de lucrări practice a fost analizat din punct de vedere ştiinţific, metodic şi didactic de profesor universitar dr. Neacşu Petre, Universitatea Bucureşti, Facultatea de Biologie şi de următoarea Comisie de la Facultatea de Biologie , Iaşi: Profesor universitar dr. consultant, **Hasan Gheorghe**, conferenţiar universitar dr. **Moglan Ioan**, sef de lucrări dr. **Costică Naela**.

Autorii îşi exprimă aprecierea pentru munca Comisiei , pentru observaţiile şi sugestiile aduse.

Capitolul I, Elemente de Biostatistică a fost redactat de asistent doctorand **Zamfirescu Stefan**. Capitolele II şi III au fost redactate de profesor universitar dr. **Varvara Mircea**

TIPARUL EXECUTAT LA
IMPRIMERIA EDITURII UNIVERSITĂŢII
„ALEXANDRU IOAN CUZA" DIN IAŞI

Format: 61×86/16
Coli tipo: 10
Apărut: 2001
Comanda: 1234



Tehnoredactarea computerizată şi controlul ortografic au fost efectuate de: **Zamfirescu Stefan si Varvara Mircea**. Desenele au fost realizate de **Alexandru Buzurin, Ioan Cazacu**. Asistenţa la calculator a fost oferită de: **Zamfirescu Stefan** şi **Tudose Constantin** (tehnician).

PREFATA

Ecologia este ştiinţa care studiază structura şi dinamica sistemelor biologice supraindividuale integrate în mediul lor abiotic şi biotic (individ, populaţie, biocenoză). Biocenoza este un sistem biologic care integrat în mediu (în biotop) devine un ecosistem.

Interacţiunile stau la baza existenţei (coexistenţei) ecosistemelor.

Obiectivul fundamental în observaţiile şi studiile ecologice constă în înţelegerea mecanismelor care guvernează organizarea structurală şi funcţia ecosistemelor. De exemplu, de ce populaţiile diferitelor specii de vieţuitoare realizează dispersii întâmplătoare, uniforme şi aglomerate? Pentru că asemenea dispersii sunt avantajoase în lupta pentru existenţă, atenuând concurenţa în achiziţia hranei, pentru cuibărit (dispersie uniformă) sau favorizează apărarea împotriva prădătorilor, cum este în cazul cârdurilor de peşti, al stolurilor de păsări, turmelor de erbivore (dispersie grupată).

Scopul lucrărilor practice destinate studenţilor care urmează cursurile Secţiilor de Biologie, Protecţia Mediului, Biochimie din cadrul Facultăţii de Biologie, Iaşi, este de a furniza acestor studenţi un instrument metodologic util pentru iniţierea în calcularea principalilor parametri biostatistici şi ecologici la diversele populaţii de vieţuitoare, de a valida caracterul ştiinţific prin teste de verificare, de măsurare şi înregistrare a principalilor factori ecologici (lumină, temperatură, umiditate, etc), de aplicare a metodelor de colectare a materialului botanic şi zoologic etc.

Elaborarea acestui manual de lucrări practice de ecologie este rodul experienţei autorilor, cât şi a experienţei bobândită în călătoriile din Europa (Mircea Varvara). Astfel, învăţământul modern din Anglia este orientat cu precădere pe activităţile practice individuale sau organizate (circa 60 %) corelată cu cea teoretică (40 %). Activitatea practică de a face, de a lucra, de

a exersa, centrată pe munca independentă a elevilor şi a studenţilor este superioară activităţii de receptare şi memorare a cunoştinţelor (uneori mecanică), a informaţiilor, acestea încorporându-se organic în sinteze teoretice ale gândirii ecologice.

Pentru a cunoaşte influenţa unor factori ecologici, trebuie să ştim metodologia de măsurare şi înregistrare. Legînd cunoştinţele teoretice de activitatea practică, eficienţa acestora creşte.Sunt eficient pentru că ştiu să fac.

Procesul de învăţare şi aplicare a cunoştinţelor de către studenţi implică pregătirea şi inteligenţa lor.Intr-o minte bine educată, care-şi pune întrebări, cunoştinţele înfloresc şi fructifică, în alta , informaţiile ies precum au intrat.

Informaţiile selectate şi incluse în manual pe baza experienţei didactice a autorilor au fost grupate în următoarele unităţi:

1. Principalii estimatori şi parametri biostatistici;
2. Măsurarea şi înregistrarea principalilor factori ecologici;
3. Spectrul taxonomic şi principalii parametri în cunoaşterea biocenozei;
4. Principalele elemente în cunoaşterea efectivului, structurii şi dinamicii populaţiei.

Majoritatea lucrărilor se bazează pe calcule, pe exemple concrete, reale, după modelele oferite de manual.Intr-adevăr, calculul are o deosebită importanţă ştiinţifică în cunoaşterea realităţii lumii vii. Extrapolând de la ecosfera planetară la sistemele galactic, metagalactic şi cosmic, prin calcul se cunosc astăzi, dimensiunile galaxiilor, distanţele între planete sau galaxii, viteza luminii şi "La steaua care-a răsărit"....

Manualul de lucrări practice se adresează studenţilor de la Facultatea de Biologie pentru a-i incita să-şi formeze deprinderi de a se iniţia în observaţii şi cercetări de ecologie, să-şi descopere plăcerea de a observa şi înţelege fenomenele ecologice din preajma lor. De asemenea, manualul este util pentru consultare pentru alţi viitori intelectuali (agronomi, silvici, etc.) interesaţi de a aprofunda ştiinţa ecologică atât de fundamental importantă pentru păstrarea echilibrului ecosferei ameninţat la această cumpănă între sfirşitul mileniului doi şi începutul mileniului trei.

Marea carte concretă a naturii este izvorul cunoaşterii." **Nu refuzaţi să începeţi să faceţi lucrurile mici pentru că din lucrurile mici sunt făcute lucrurile mari!".**

Autorii

Programul de lucru în ecologie

Programul este ansamblul unor activităţi pentru atingerea unui scop. Valoarea obiectivă a programului este dovedită de eficienţa de lucru a computerelor.Toate operaţiile pe care le execută sunt bazate pe programe.Programul unui calculator este ansamblul de instrucţiuni codate pentru rezolvarea unor probleme.

Programarea cercetării şi a metodelor de lucru în ecologie sporeşte proporţional eficienţa şi productivitatea. **"Un lucru bine făcut este un lucru bine gândit"**, documentat, programat, anticipat.

Scopul cercetărilor ecologice este cunoaşterea structurii şi funcţiilor sistemelor ecologice.Cunoaşterea structurii se referă la măsurarea variabilelor continui şi discontinui din biotop.Variabilele continui sunt: lumina,temperatura, umiditatea, vânt,dimensiuni, biomasă, culoarea, etc.Variabilele discontinui din biocenoză sunt: taxonii (clase, ordine,familii,genuri, specii) şi numărul de indivizi aferent taxonilor din biotopul cercetat. Funcţia se referă la rolul biocenozei şi componentelor sale în dependenţă de trăsăturile biotopului.

O biocenoză sau o cenoză poate fi cunoscută (estimată) **calitativ şi cantitativ.** Cunoaşterea calitativă a unei biocenoze exprimă diversitatea taxonomică pe baza căreia apreciem dacă este o biocenoză tânără (cu o diversitate specifică mai redusă) sau o biocenoză stabilă, matură, complexă (cu o diversitate specifică mare).Estimarea cantitativă a unei populaţii ne permite să apreciem dacă este o specie dominantă, competitivă, capabilă de expansiune sau o specie sporadică (recedentă), cu rol ecologic redus în biocenoză. Putem, de asemenea, estima tipul de dispersie, caracterul dinamicii.

Cuprins

CAPITOLUL 1. ELEMENTE DE BIOSTATISTICA

1.1. DESCRIEREA CANTITATIVĂ A PROBELOR ECOLOGICE

1.1.1. Generalităţi

Cercetarea ecologică necesită investigarea a mai multor caractere ale indivizilor, populaţiilor, comunităţilor (biocenozelor) şi ecosistemelor. Obţinerea datelor privitoare la astfel de caractere implică evidenţierea a 2 trăsături majore ale probelor: o anumită **tendinţă centrală** şi o anumită **variabilitate**.

Tendinţa centrală este o valoare sau o condiţie ce tipizează caracterele investigate.

*Ex.: **majoritatea** florilor unor plante dintr-o probă sunt roşii, **media** diametrelor florilor este 2 cm, iar **mijlocul intervalului** mărginit de înălţimea plantei celei mai scunde şi celei mai înalte este 22 cm.*

Variabilitatea este împrăştierea valorilor individuale în jurul valorii ce reprezintă tendinţa centrală a probei.

Ex.: diametrul florilor este cuprins între 1 - 3 cm, dar 95% dintre diametre nu diferă cu mai mult de 0,1 faţă de medie.

Ecologii folosesc metodele statistice pentru a descrie tendinţa centrală, pentru a surprinde variabilitatea unui set de date şi pentru a exprima nivelul de confidenţă (intervalul de încredere sau pragul de semnificaţie) ce poate fi atribuit estimărilor tendinţei centrale.

1.1.2. Măsuri ale tendinţei centrale

Pentru a descrie tendinţa centrală a unei probe sau populaţii, pot fi folosite mai multe valori - **modul, mediana şi media aritmetică** – funcţie de **scala de măsurare** folosită.

Scala de măsurare surprinde cel puţin o caracteristică detectabilă şi deci măsurabilă a unei mulţimi de obiecte sau evenimente. Se cunosc 4 scale de măsurare – **nominală, ordinală, de interval şi de raport** - fiecare având caractere distincte drept pentru care se folosesc în situaţii diferite.

Scala nominală foloseşte simboluri pentru a clasifica obiectele sau fenomenele în una sau mai multe categorii distincte.

Ex.: fiecare individ dintr-o populaţie poate fi categorisit ca mascul sau femelă.

Între categoriile scalei nominale nu există valori intermediare, iar operaţiile dintre indivizi sunt doar de egalitate sau inegalitate. Variabila

statistică măsurată pe o astfel de scală se numeşte **variabilă nominală** sau **atribut**.

Scala ordinală se foloseşte când între obiecte sau evenimente diferenţa se stabileşte prin grade de comparaţie.

Ex.: *starea emoţională a persoanelor dintr-un grup poate fi exprimată prin **"foarte vesel"**, **"vesel"**, **"neutru"**, **"trist"**, **"foarte trist"**. Numărul descendenţilor unui organism se măsoară tot pe o scală ordinală, deoarece acesta este întotdeauna un **număr întreg** (deci nu există valori intermediare sub formă de fracţii).*

Spre deosebire de atribute, categoriile scalei ordinale pot fi ordonate. Diferenţa dintre categoriile adiacente este evidentă dar nu este concretă. Obişnuit, astfel de categorii primesc ranguri, care nu sunt altceva decât simboluri numerice. Categoria cea mai mică va primi rangul "1", următoarea "2" etc. O variabilă ce poate lua doar anumite valori (de exemplu doar numere întregi) se numeşte **variabilă ordinală** sau **variabilă discretă**.

Scala de interval şi **de raport** constă în reprezentarea unei măsurători printr-un număr real. Prin folosirea celor două scale se poate preciza nu numai că un obiect este mai mare sau mai mic, ci şi cu cât. Diferenţa dintre cele două scale este în privinţa punctului zero – scala de interval foloseşte un punct zero arbitrar (nu arată absenţa unui fenomen sau eveniment), în timp ce scala de raport foloseşte un punct zero absolut.

Ex.: *scala Celsius de măsurare a temperaturii este una de interval deoarece punctul zero este ales arbitrar ca fiind temperatura de îngheţ a apei. Greutatea, lungimea, viteza, capacitatea etc. sunt variabile ce se măsoară pe o scală de raport.*

O variabilă ce poate lua orice valoare dintr-un interval (număr real) se numeşte **variabilă continuă**.

1.1.2.1. Modul

Modul este singura măsură a tendinţei centrale atunci când datele sunt măsurate pe o scală nominală şi reprezintă valoarea cea mai frecventă dintr-un set de atribute.

Ex.: *pentru un grup de 15 obiecte similare ca formă, 9 albe şi 6 negre, modul este reprezentat de obiectele negre*

1.1.2.2. Mediana (M)

Mediana este o măsură a tendinţei centrale folosită când distribuţia valorilor individuale este asimetrică, măsurătorile fiind efectuate cel puţin

pe o scală ordinală. **M** este valoarea care ocupă poziţia de mijloc în setul de date aranjate în ordine crescătoare.

Ex.: pentru seria de date 2, 2, 2, 3, 3, 4, 4, M=3 pentru că are un număr egal de valori la stânga şi la dreapta sa.

Dacă numărul observaţiilor este par, mediana este dată de media valorilor centrale.

Ex.: pentru seria de date 2, 2, 2, 3, 4, 4, 4, 4, M=3,5 adică (3+4)/2.

Generalizând mediana se calculează conform formulelor:

Pentru un set de **n** valori, unde **n** este un număr impar:

$$M = x_{n/2}$$

Pentru un set de n valori, unde n este impar:

$$M = \frac{x_{n/2} + x_{(n/2)+1}}{2}$$

1.1.2.3. Media aritmetică ($\mu, \bar{x}$)

Media aritmetică este cea mai utilizată măsură a tendinţei centrale când datele sunt variabile continui. De ce se folosesc două simboluri pentru notarea mediei? Dacă sunt măsuraţi toţi indivizii unei populaţii atunci media calculată va fi adevărata medie a populaţiei (media parametrică) care este simbolizată prin litera alfabetului grecesc **μ**. Dacă se măsoară doar indivizii unei probe din populaţie atunci se va obţine media probei notată cu $\bar{x}$.

Dacă se măsoară caracteristica **x** la **n** indivizi atunci media este dată de formula:

$$\mu = \frac{\sum x}{n} \quad \text{sau} \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

1.1.3. Măsuri ale variabilităţii

Probabilitatea ca indivizii unei populaţii să fie identici din punctul de vedere al unui caracter este foarte mică. De regulă, majoritatea valorilor individuale sunt concentrate în jurul mediei (pentru variabilele continui) sau a medianei (pentru variabilele discrete). Restul sunt mai depărtate de valoarea tendinţei centrale, valorile extreme (valoarea maximă şi minimă) fiind la distanţa ce mai mare faţă de aceasta. Această distribuţie a valorilor

individuale față de valoarea tendinței centrale poartă numele de **variabilitate** și poate fi exprimată prin **amplitudine** și **deviație standard**.

1.1.3.1. Amplitudinea (ω)

Amplitudinea (ω) sau **intervalul de variație** reprezintă diferența dintre valoare maximă și cea minimă pe care o variabilă le poate avea.

$$\omega = x_{max} - x_{min}$$

Datorită faptului că este influențată chiar și de o singură valoare extremă, amplitudinea are o precizie limitată de redare a măsurii în care valorile unei variabile individuale se abat de la medie.

1.1.3.2. Deviația standard (σ, S)

Deviația standard ține cont de toate valorile pe care o variabilă le poate lua (amplitudinea ține cont doar de două). Deviația standard este de fapt măsura distanței medii a fiecărei valori observate față de media tuturor valorilor.

Distanța medie se află scăzând din fiecare valoare a setului valoarea mediei obținând **abaterea față de medie (a)** a fiecărei valori și apoi însumând toate diferențele astfel obținute. Rezultatul acestui calcul va fi egal cu zero. Prin ridicarea la pătrat a fiecărei abateri se elimină rezultatele negative și posibilitatea ca distanța medie să fie zero. Prin însumarea acestor abateri individuale ridicate la pătrat se obține **suma pătratelor abaterilor (SP)**.

$$SP = \sum \left(x - \bar{x}\right)^2 \quad \text{sau} \quad SP = \sum x^2 - \frac{\left(\sum x\right)^2}{n}$$

Dacă SP se împarte la numărul observațiilor se obține **varianța (σ^2, S^2)**:

$$\sigma^2 = \frac{SP}{n}$$

Pentru rectificarea ridicării la pătrat a abaterilor valorilor individuale față de medie trebuie extras radicalul din valoarea varianței obținându-se astfel valoarea deviației standard:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{\left(\sum x\right)^2}{n}}{n}}$$

Ex.: Se dă următoarea set de valori care reprezintă valori ale unei întregi populaţii ipotetice: 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5

X	$a\ x-\bar{x}$	$A^2\ (x-\bar{x})^2$
1	-2	4
2	-1	1
2	-1	1
3	0	0
3	0	0
4	1	1
4	1	1
5	2	4
$\sum x = 24$ $\bar{x} = 3$	$\sum a = 0$	$SP = 12$ $\sigma^2 = 1,5$ $\sigma = 1,25$

1.1.4. Statisticele probei şi parametrii populaţiei

De regulă, un cercetător nu are la dispoziţie întreaga populaţie pentru a fi analizată şi chiar dacă acest fapt ar fi posibil volumul de muncă ar fi mult prea mare. Astfel, adevărata medie şi adevărata deviaţie standard ale populaţiei nu pot fi cunoscute. Se pot afla doar media şi deviaţia standard ale probei prelevate aleator din populaţia studiată. Folosind valorile calculate pe baza probei se pot estima valorile corespunzătoare pentru populaţie. Valorile probei poartă numele de **statistici** (simbolizate prin litere ale alfabetului latin), iar cele ale populaţiei de **parametri** (simbolizaţi prin litere ale alfabetului grec).

	Statistica	Parametrul
Media	$\bar{x}$	M
Varianţa	S^2	σ^2
Deviaţia standard	S	Σ

Estimarea mediei populaţiei implică calculul **erorii standard a mediei** ($S_{\bar{x}}$) care ţine cont de variabilitatea şi mărimea probei:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Pentru calcularea erorii standard a mediei este necesară estimarea varianței sau deviației standard a populației. Pentru aceasta, suma pătratelor abaterilor valorilor individuale de la medie (**SP**) se va împărți nu la **n**, ca în cazul varianței sau deviației standard a populației, ci la **n-1** care desemnează numărul gradelor de libertate ce conferă o acuratețe sporită estimării.

$$S^2 = \frac{SP}{n-1} \quad \text{sau} \quad S = \sqrt{\frac{SP}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}}$$

Eroarea standard a mediei este folosită pentru calcularea intervalului de confidență a mediei populației, interval care să cuprindă, cu o anumită probabilitate, media populației.

$$\mu = \bar{x} \pm t_{(\alpha, n-1)} \cdot S_{\bar{x}}$$

Valoarea lui **t** reprezintă valoarea critică a distribuției **t** pentru un anumit nivel de confidență sau prag de semnificație (α) și **n-1** grade de libertate. Pragul de semnificație reprezintă probabilitatea aleasă arbitrar, ca intervalul de confidență calculat să cuprindă media populației. Pentru majoritatea studiilor ecologice probabilitatea de 95%, adică α**=0,05**, este considerată satisfăcătoare (vezi **Tabelul 1.** (p. 45)).

Limita superioară (**LS**) și cea inferioară (**LI**) a intervalului de confidență se află în felul următor (**Figura 1.**):

$$LS = \bar{x} + t_{(\alpha, n-1)} \cdot S_{\bar{x}} \qquad LI = \bar{x} - t_{(\alpha, n-1)} \cdot S_{\bar{x}}$$

Cele două relații de mai sus pot fi sintetizate astfel: $LI < \mu < LS$

Ex.: *se consideră că datele de mai jos reprezintă o probă extrasă dintr-o populație: 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5*

x	$a = x - \bar{x}$	$a^2 = (x - \bar{x})^2$
1	*-2*	*4*
2	*-1*	*1*
2	*-1*	*1*
3	*0*	*0*
3	*0*	*0*
4	*1*	*1*
4	*1*	*1*
5	*2*	*4*
$\sum x = 24$ $\bar{x} = 3$	$\sum a = 0$	$SP = 12$ $S^2 = 1{,}7143$ $S = 1{,}3093$

$$S_{\bar{x}} = \frac{1,3093}{\sqrt{8}} = 0,4629$$

din Tabelul 1. (p. 45) *se află valoarea* $t_{(\alpha,n-1)}$: $t_{(0,05,7)} = 2,3065$

capetele intervalului de confidență a mediei sunt:

$$LS = 3 + 2,365 \times 0,4629 = 4.094780$$

$$LI = 3 - 2,365 \times 0,4629 = 1.905217$$

concluzia este că intervalul cu limita inferioară 1,905217 și cu cea superioară de 4,094780 conține media populației din care a fost extrasă proba, cu o probabilitate de 95% (α=0,05, adică posibilitatea de a fi făcut o eroare este de 5%).

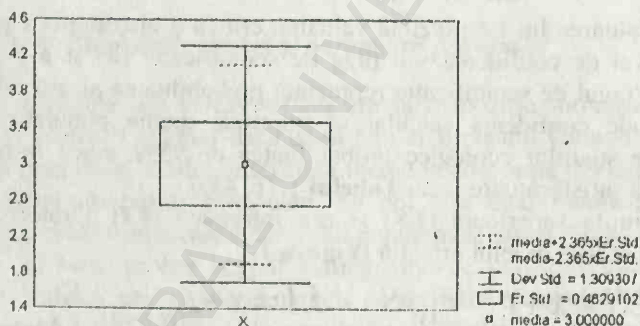


Figura 1. Reprezentarea grafică a mediei, deviației standard, erorii standard a mediei și intervalului de confidență a medici

Exercițiu:

S-au numărat broaștele râioase din mai multe bălți din bazinul unui râu obținându-se următoarele date:

Nr. bălții	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Indivizi	34	65	24	34	18	20	15	70	15	18	34

Să se estimeze pe baza acestor date parametrii populației de broaște râioase verzi din bazinul râului respectiv (după R. E. Hampton, 1994).

1.2. TESTAREA IPOTEZELOR PRIVIND COMPARAREA PROBELE ECOLOGICE

1.2.1. Generalităţi

Pornind de la tehnicile statistice de bază pentru descrierea cantitativă a datelor obţinute prin analiza probelor se pot formula şi testa ipoteze cu privire la probele respective.

Testarea ipotezelor implică o succesiune de etape majore ce derivă unele din altele ce trebuie respectată.

1. Enunţarea clară a problemei la care se va da răspunsul;
2. Identificarea caracteristicilor probei şi variabilei (tipul de variabilă, modul de distribuire);
3. Ce fel de test trebuie folosit, având în vedere tipul de distribuţie (test parametric sau nonparametric);
4. Enunţarea ipotezei nule şi a celei alternative, fixarea unui anumit prag de semnificaţie;
5. Calcularea statisticii testului, compararea acesteia cu valoarea critică şi luarea deciziei privind ipoteza nulă.

Aprecierea normalităţii distribuţiei unei variabile. O variabilă tinde să fie normal distribuită dacă este influenţată de mai mulţi factori independenţi fiecare având un efect scăzut. Aprecierea normalităţii distribuţiei unei variabile se face cel mai simplu prin reprezentarea grafică a frecvenţelor claselor de variaţie ale variabilei respective. Clasele de variaţie sunt intervale egale cu o limită inferioară, una superioară şi un centru. Numărul de clase trebuie să fie direct proporţional cu numărul observaţiilor din probă: pentru mai puţin de 40 de cazuri se stabilesc 4 - 5 clase, între 40 – 60 de cazuri se stabilesc 6 - 8 clase, iar pentru 60 - 100 sau mai multe cazuri se stabilesc 8 - 10 clase. Pentru determinarea intervalului de clasă se împarte amplitudinea (ω) la numărul de clase iar rezultatul se rotunjeşte la întregul cel mai apropiat. Se numără apoi câte valori ale variabilei revin fiecărei clase, obţinându-se frecvenţa clasei respective, care apoi se reprezintă grafic. Dacă graficul are un singur vârf şi este relativ simetric se poate presupune că variabila este normal distribuită (**Figura 2.**).

O altă modalitate constă în compararea mediei şi medianei unui set de observaţii. Într-o distribuţie normală media şi mediana corespund. În probele prelevate din populaţii cu distribuţie normală, media şi mediana trebuie să fie măcar apropiate ca valoare.

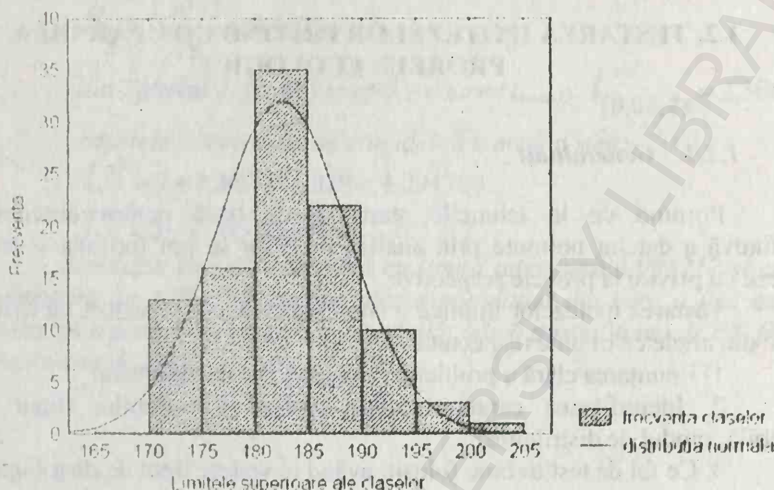


Figura 2. Aprecierea distribuţiei normale a înălţimii măsurată la 100 bărbaţi.

Teste parametrice şi nonparametrice. Cele mai comune teste statistice prevăd o serie de condiţii ce vizează natura variabilei în cauză. Condiţiile cele mai frecvente sunt ca variabila să fie normal distribuită şi continuă. Când aceste condiţii sunt îndeplinite se pot aplica aşa-numitele **teste parametrice**. Când condiţiile nu sunt îndeplinite se apelează la aşa-numitele **teste nonparametrice**. Acestea nu condiţionează tipul de distribuţie al variabilei şi pot fi folosite şi în cazul variabilelor discrete.

Ipoteze statistice. Testarea ipotezelor ecologice implică enunţarea unor ipoteze statistice: ipoteza nulă H_0 şi ipoteza alternativă H_a

O ipoteză nulă poate avea următoarea formă:

H_0: diferenţa dintre două sau mai multe seturi de date obţinute prin observaţie sau experiment este aproape nulă sau este suficient de mică pentru a fi rezultatul întâmplării.

Sau

H_0: valorile obţinute în urma unor observaţii sau experimente nu diferă de cele calculate teoretic.

Semnul întâlnit între termenii H_0 este "=".

Testarea H_0 duce fie la acceptarea fie la respingerea ei. Acceptarea H_0 înseamnă că fie nu există diferenţă între seturile de date, fie că datele obţinute nu respectă anumite condiţii pentru a fi testate. Respingerea H_0 înseamnă că diferenţa există cu o anumită probabilitate, corespunzătoare cu nivelul de semnificaţie a testului aplicat. Respingerea H_0 presupune acceptarea unei ipoteze alternative H_a ce poate avea următoarea formă:

H_a: diferenţa dintre două sau mai multe seturi de date obţinute prin observaţie sau experiment este suficient de mare pentru a nu fi rezultatul întâmplării.

Sau

H_a: diferenţa dintre valorile observate sau obţinute experimental şi cele calculate teoretic este atât de mare încât este puţin probabil ca ea să fie rezultatul întâmplării.

Semnul întâlnit între termenii H_a este "≠, <, >".

Teste bi- şi unilaterale. O ipoteză statistică poate fi nedirecţionată sau direcţionată. În funcţie de aceasta testele statistice pot fi bilaterale sau unilaterale. În testele bilaterale, H_a prezintă o inegalitate, pe când în testele unilaterale formulările "mai mare" sau "mai mic" permit comparaţia într-un sens sau altul.

Fixarea pragului de semnificaţie şi respingerea sau acceptarea H_0

În testarea unei H_0 pot apare două tipuri de erori: eroarea de ordinul I sau α şi eroarea de ordinul II sau β.

		H_0 adevărată	H_0 falsă
Decizia	H_0 acceptată	Corect	Eroare II (β)
	H_0 respinsă	Eroare I (α)	Corect

Eroarea de ordinul I constă în respingerea H_0 când de fapt ea este adevărată, iar eroarea de ordinul II constă în acceptarea H_0 când în realitate ea este falsă. Datorită acestor erori, testele statistice au condiţii ce trebuie îndeplinite. Dintre cele două, eroarea de ordinul I este mai periculoasă deoarece ea poate duce la evidenţierea unor diferenţieri false. Probabilitatea apariţiei unei astfel de erori se notează cu α şi se numeşte prag de semnificaţie sau nivel de confidenţă (vezi STATISTICELE PROBEI ŞI PARAMETRII POPULAŢIEI). Alegerea unui α foarte mic poate duce la apariţia unei erori de tip II. Acest fapt a dus la acceptarea unei valori de compromis care să presupună probabilităţi mici de apariţie pentru fiecare din cele două tipuri de erori. Această valoare, unanim acceptată este de $\alpha = 0{,}05$

Un test bilateral cu un prag de semnificaţie $\alpha = 0{,}05$ presupune câte o zonă de respingere de 0,025 la fiecare capăt al curbei distribuţiei normale (**Figura 3.**)

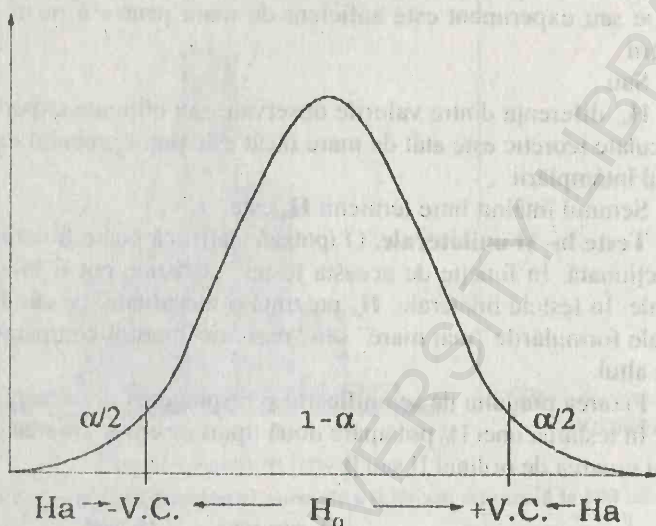


Figura 3. Zonele de acceptare a H_0 și Ha, conform valorilor critice (V.C.) corespunzătoare unui anumit prag de semnificație α, în cazul unui test bilateral.

Testul unilateral are o singură zonă de respingere la unul din capetele distribuției normale. Dacă semnul de comparație din H_a este "<" atunci testul se numește unilateral stânga, pragul de semnificație fiind de –α (**Figura 4. A**), iar dacă semnul este ">", testul se numește unilateral dreapta, iar pragul de semnificație este de + α (**Figura 4. B**).

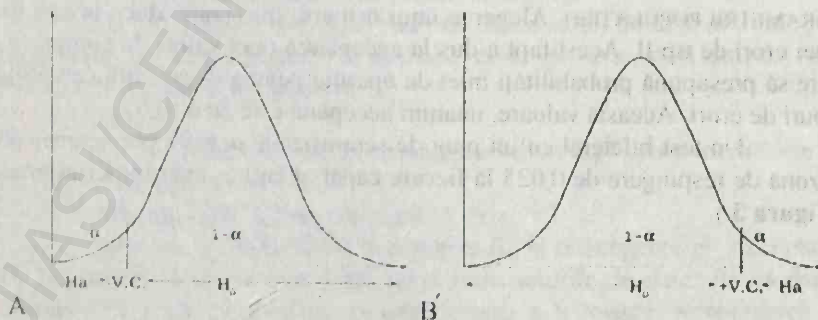


Figura 4. Zonele de acceptare a H_0 și Ha față de valoarea critică (VC) pentru un anumit prag de semnificație α, pentru testele unilaterale: A – stânga și B – dreapta.

Testarea statistică se poate face funcție de numărul probelor implicate: testarea diferenței dintre 2 probe și testarea diferenței dintre mai multe probe. Pentru fiecare dintre acestea există alternative parametrice și nonparametrice.

1.2.2. Testarea semnificației diferenței dintre 2 probe

Testele care se aplică în acest sens testează, de fapt, dacă diferența dintre mediile celor două probe este semnificativă. Dacă probele sunt luate din populații diferite diferența se poate extrapola la nivel populațional - diferența dintre probe va fi și diferența dintre populații. Dacă probele sunt luate din aceeași populație se pot urmări efectele aplicării sau modificării unor factori asupra uneia din probe sau asupra unei singure probe (investigată înainte și după experiment), rezultând perechi de valori pentru fiecare caz.

1.2.2.1. Teste pentru 2 probe independente (din populații diferite)

Testul parametric cel mai folosit în această situație este **testul t (Student)**. Când condițiile acestuia nu sunt îndeplinite se folosește ca alternativă nonparametrică **testul Mann-Whitney**.

1.2.2.1.1. Testul t pentru probe independente:

Condiții de aplicare:
1. Probele sunt prelevate aleator din 2 populații.
2. Variabila este aproximativ normal distribuită și este continuă.
3. Variabila este măsurată pe o scală de interval sau de raport.

Ipoteza nulă este că două populații (A și B) sunt diferite din punctul de vedere al unui anumit caracter.

H_0: $\mu_A = \mu_B$ sau $\mu_A - \mu_B = 0$;

H_a: $\mu_A \neq \mu_B$ sau $\mu_A - \mu_B \neq 0$;

Se calculează statistica testului:

$$t=\frac{(\overline{x}_A-\overline{x}_B)(\mu_A-\mu_B)}{\sqrt{\frac{S_A{}^2}{n_A}+\frac{S_B{}^2}{n_B}}}$$

$\overline{x}$ - media probei;
μ - media populatiei
S^2 - varianta
n - efectivul probei

conform H_0 diferenţa dintre mediile populaţiilor este 0

se stabileşte $\alpha = 0{,}05$

se află gradele de libertate, adică valoarea cea mai mică dintre $\mathbf{n_A}$ şi $\mathbf{n_B}$ din care se scade 1.

se află valoarea critică $t_{(\alpha,n_{\min}-1)}$ din **Tabelul 1.** (p. 45).

dacă $|t| \geq t_{(\alpha,n_{\min}-1)}$ atunci $\mathbf{H_0}$ se respinge, $\mathbf{H_a}$ se acceptă.

1.2.2.1.2. Testul Mann-Whitney (U):

Acest test se aplică atunci când măsurătorile sunt pe o scală ordinală sau variabila este discretă şi nu este normal distribuită.

Condiţii de aplicare:
1. Distribuţiile variabilei în cele două populaţii au aceeaşi formă (nu neapărat normală).
2. Probele au fost prelevate aleator din două populaţii diferite.

Ipotezele acestui test sunt similare cu cele ale testului t.

$\mathbf{H_0}$: $\mu_A = \mu_B$ sau $\mu_A - \mu_B = 0$;

$\mathbf{H_a}$: $\mu_A \neq \mu_B$ sau $\mu_A - \mu_B \neq 0$;

Pentru aplicarea acestui test valorile concrete ale variabilei primesc ranguri. Valorile celor două probe se ordonează crescător. Cea mai mică valoare din cele două probe va primi rangul 1, următoarea 2 etc. Valorile egale vor primi media rangurilor pe care le-ar fi primit dacă ar fi fost diferite.

Ex.: considerăm setul de valori 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5 ca reprezentând valorile unei variabile din două probe ordonate în ordine crescătoare.

Variabila	*Rangul dacă toate valorile ar fi diferite*	*Rangul real*
1	*1*	*1*
2	*2*	*(2+3)/2=2,5*
2	*3*	*(2+3)/2=2,5*
3	*4*	*(4+5)/2=4,5*
3	*5*	*(4+5)/2=4,5*
4	*6*	*(6+7)/2=6,5*
4	*7*	*(6+7)/2=6,5*
5	*8*	*8*

Se calculează statisticele testului:

$$U_A = n_A n_B + \frac{n_A(n_A+1)}{2} - \sum R_A$$ n - efectivul probei, R - rangul

$$U_B = n_A n_B - U_A$$

Dacă n_A, n_B<20 atunci

Se află cea mai mică valoare (U_{min}) dintre U_A și U_B.

Se află valoarea critică $U_{(\alpha, n_A, n_B)}$ din Tabelul 4. (p. 47).

Dacă $|U_{min}| \leq U_{(\alpha, n_A, n_B)}$ atunci H_0 se respinge, H_a se acceptă.

Dacă n_A, n_B>20 atunci probabilitatea distribuției lui U tinde spre cea normală, iar aproximarea valorii normale a lui U este dată de statistica:

$$z = \frac{U_{A,B} - \frac{n_A n_B}{2}}{\sqrt{\frac{n_A n_B (n_A + n_B + 1)}{12}}}$$

$U_{A,B}$ - oricare dintre U_A sau U_B

Dacă $|z| \geq t_{(0,05,\infty)}$ atunci H_0 se respinge, H_a se acceptă.

1.2.2.2. Teste pentru 2 probe din aceeaşi populaţie

În activitatea experimentală se ajunge cel mai adesea în situaţia de a folosi probe din aceeaşi populaţie. Acelaşi individ din probă poate fi investigat ca martor şi apoi să i se aplice un tratament după care să fie investigat din nou. În felul acesta diferenţa dintre cele două valori obţinute pentru acelaşi individ va fi cauzată numai de tratament şi nu de alte deosebiri individuale.

Ex.: Se presupune că se doreşte investigarea efectului unei substanţe chimice asupra unor plante. Pentru aceasta ar trebui să se aleagă două grupuri, unul martor şi unul experimental. Între cele două grupuri pot exista diferenţe de natură individuală care să nu fie datorate tratamentului aplicat. Folosirea testului t, într-o astfel de situaţie se poate solda cu o eroare de ordinul II (respingerea H_0 în condiţiile în care ea este adevărată). Evitarea acestei conjuncturi se poate face în două moduri: fie să se alcătuiască perechi de indivizi asemănători din punctul de vedere al cât mai multor caractere individuale, fie acelaşi individ să fie investigat odată ca martor şi odată după aplicarea substanţei. În ambele cazuri vor rezulta perechi de valori, iar diferenţa dintre componentele tuturor perechilor, dacă există şi este semnificativă, se va datora doar aplicării substanţei chimice urmărite.

Pentru probele din aceeaşi populaţie se foloseşte un test parametric - testul t pentru perechi de valori – şi unul nonparametric – testul Wilcoxon pentru perechi de valori.

1.2.2.2.1. Testul t pentru perechi de valori

Acest test este echivalentul testului t pentru probe independente.

Condiţii de aplicare:
1. Variabila este măsurată pe o scală de interval sau de raport.
2. Variabila să fie aproximativ normal distribuită.
3. Să se asigure perechi de valori.
4. Datele sunt luate la întâmplare din populaţia de interes.

Testul poate fi aplicat în varianta bilaterală sau unilaterală:

Testul t bilateral pentru perechi de valori:

H_0: $\mu_A = \mu_B$ sau $\mu_A - \mu_B = 0$;

H_a: $\mu_A \neq \mu_B$ sau $\mu_A - \mu_B \neq 0$;

Se calculează diferenţa fiecărei perechi de valori (**D**).

Se calculează media($\overline{D}$), deviaţia standard (S) şi eroarea standard a mediei ($S_{\overline{D}}$).

$$\overline{D}=\frac{\sum D}{n};\ S=\sqrt{\frac{\sum D^2-\frac{(\sum D)^2}{n}}{n-1}};\quad S_{\overline{D}}=\frac{S}{\sqrt{n}}$$

Se calculează statistica testului:

$$t=\frac{\overline{D}}{S_{\overline{D}}}$$

Se caută valoarea critică $t_{(\alpha,n-1)}$ din **Tabelul 1.** (p. 45).

Dacă $|t|\geq t_{(\alpha,n-1)}$ atunci H_0 se respinge, H_a se acceptă.

Testul t unilateral pentru perechi de valori:

În acest caz statistica testului este aceeaşi cu cea de mai sus, cu excepţia ipotezelor, care sunt diferite după cum testul este unilateral dreapta sau stânga.

Pentru testul unilateral dreapta	H_0: $\mu_A \geq \mu_B$ sau $\mu_A - \mu_B \geq 0$ H_a: $\mu_B \geq \mu_A$ sau $\mu_B - \mu_A \geq 0$;
Pentru testul unilateral stânga	H_0: $\mu_A \leq \mu_B$ sau $\mu_A - \mu_B \leq 0$; H_a: $\mu_B \leq \mu_A$ sau $\mu_B - \mu_A \leq 0$;

Se alege valoarea critică $t_{(\alpha,n-1)}$ din **Tabelul 1.** (p. 45).

Dacă se alege pragul de semnificaţie 0,05 pentru un test unilateral, atunci valoarea critică corespunde cu cea a unui test similar bilateral, pentru un prag de semnificaţie de 0,01, adică dublu faţă de cel ales.

Dacă $|t|\geq t_{(\alpha,n-1)}$ atunci H_0 se respinge, H_a se acceptă.

1.2.2.2.2. Testul Wilcoxon pentru perechi de valori (T)

Acesta este un test nonparametric pentru perechi de valori (probe din aceeaşi populaţie).

Se calculează diferenţele dintre componentele fiecărei perechi de valori: $x_B - x_A = D$

Se acordă ranguri pentru modulele diferenţelor calculate, la fel ca în cazul testului Mann-Whitney. În final în dreptul fiecărui rang se trece între paranteze semnul diferenţei căruia îi corespunde.

Se calculează suma rangurilor corespunzătoare diferenţelor pozitive şi suma rangurilor corespunzătoare diferenţelor negative:

$$\sum R_{D>0}; \sum R_{D<0}$$

Ipotezele testului sunt:

H₀: $\sum R_{D>0} = \sum R_{D<0}$

Hₐ: $\sum R_{D>0} \neq \sum R_{D<0}$ sau $\sum R_{D>0} > \sum R_{D<0}$

sau $\sum R_{D>0} < \sum R_{D<0}$

Statistica testului este:

$$T = \min(\sum R_{D>0}; \sum R_{D<0})$$

$$T' = \frac{n(n+1)}{2} - T$$

Se caută valoarea critică $T_{(\alpha,n)}$ **în Tabelul 3.** (p. 46).

Dacă $|T|$ sau $|T'| \leq T_{(\alpha,n)}$ **H₀ se respinge, Hₐ se acceptă.**

Exerciţii:

1. Se dau următoarele date reprezentând timpii de reacţie în milisecunde pentru un lot de 58 bărbaţi şi unul de 68 femei.

	Bărbaţi	*femei*
Media	*170,21*	*181,31*
Deviaţia standard	*32,643*	*45,988*
nr. observaţii	*58*	*68*

Să se afle dacă există o diferenţă semnificativă între tipii de reacţie la cele două sexe (după R. E. Hampton, 1994).

2. Şase plante alese la întâmplare de mazăre au fost tratate cu un stimulator de creştere, iar alte 6 nu au fost tratate. Să se afle dacă stimulatorul de creştere afectează lungimea internodului. Lungimile sunt măsurate în mm (după R. E. Hampton, 1994).

Pl. tratate	*15,2*	*12,3*	*11,6*	*14,8*	*10,0*	*14,2*
Pl. netratate	*13,5*	*9,8*	*10,2*	*8,7*	*9,2*	*9,0*

3. Două grupuri de câte 10 persoane au fost alese pentru a testa dacă păianjenii păroşi sunt mai înfricoşători decât cei nepăroşi. Un grup a observat un păianjen păros, iar celălalt unul nepăros. Fiecare persoană a fost rugată să aprecieze prin note de la 1 - 10 cât de intimidaţi sunt de păianjenul pe care l-au văzut. Rezultatele au fost următoarele (după R. E. Hampton, 1994):

Păianjen	*Note obţinute*									
Păros	*10*	*8*	*7*	*9*	*10*	*9*	*9*	*5*	*8*	*9*
Nepăros	*7*	*6*	*8*	*6*	*1*	*5*	*4*	*5*	*6*	*3*

4. Şase şoareci de laborator au fost plasaţi într-o incintă de 1 m². S-a înregistrat timpul în secunde cât şoarecii au stat lângă perete şi în mijlocul incintei. Să se afle dacă la şoareci există o tendinţă de a se ascunde concretizată prin petrecerea unui timp mai îndelungat lângă perete (după R. E. Hampton, 1994).

Nr. şoarece	*Secunde lângă perete*	*secunde departe de perete*
1	*50*	*10*
2	*35*	*25*
3	*28*	*32*
4	*45*	*15*
5	*31*	*29*
6	*55*	*5*

5. Un grup de 10 persoane au fost rugate să noteze de la 1 - 10 starea generală resimţită înainte şi după administrarea unui medicament nou. Să se afle dacă medicamentul respectiv determină o stare generală mai bună persoanei care la luat (după R. E. Hampton, 1994).

Nr. individ	*nota înainte de tratament*	*Nota după tratament*
1	*5*	*7*
2	*8*	*9*
3	*2*	*1*
4	*7*	*9*
5	*5*	*5*
6	*2*	*9*
7	*9*	*9*
8	*3*	*9*
9	*9*	*10*
10	*6*	*7*

1.2.3. Testarea semnificației diferenței dintre mai multe probe

Compararea unui număr mai mare de probe este posibilă datorită **analizei varianței.** Analiza varianței se notează **ANOVA**, cuvânt rezultat prin alăturarea primelor litere ale cuvintelor corespondente de limba engleză (**Analysis Of Variance**).

ANOVA poate testa influența unuia sau mai multor factori asupra unei variabile determinate.

ANOVA este una dintre cele mai versatile și mai utile metode de analiză statistică. Ea se bazează pe urmărirea varianței unui set de date la mai multe nivele, pentru a se putea edifica contribuția fiecărui component la întregul set.

Ca și în cazul celorlalte teste există variante parametrice și nonparametrice, dar în afara acestora ANOVA are posibilitatea de a analiza probe ce diferă printr-o singură variabilă (model unifactorial) sau prin mai multe variabile simultan (model multifactorial).

În continuare vom urmări modelul unifactorial de ANOVA.

1.2.3.1. ANOVA unifactorială parametrică

Exemplificarea se va face pentru 3 probe: A, B, C.

Condiții de aplicare:
1. Probele trebuie prelevate la întâmplare.
2. Variabila trebuie să fie continuă.
3. Varianțele probelor trebuie să fie egale.
4. Variabila trebuie să fie aproximativ normal distribuită
5. Variabila să fie măsurată pe o scală de interval sau de raport.

Condiția cea mai importantă în ANOVA este că varianțele probelor sunt egale. Pentru a testa această egalitate se folosește **testul chi pătrat al alui Bartlett pentru omogenitatea varianței**.

H_0: varianțele populațiilor din care au fost prelevate probele sunt egale

H_a: varianțele populațiilor din care au fost prelevate probele nu sunt egale

Se calculează varianțele probelor: S_A^2, S_B^2, S_C^2 și logritmii naturali corespunzători: $\ln S_A^2, \ln S_B^2, \ln S_C^2$

Se calculează suma gradelor de libertate $\sum(n_i-1)$ unde **i=A,B,C.**

Se calculează suma produselor dintre varianțe și gradele de libertate $\sum(n_i-1)S_i^2$

Se calculează media balansată a varianței

$$S_w^2 = \frac{\sum(n_i-1)S_i^2}{\sum(n_i-1)}$$

Se calculează $\ln S_w^2$

Se calculează suma produselor dintre gradele de libertate și varianțele logaritmate $\sum(n_i-1)\ln S_i^2$

Se calculează statistica testului:

$$\chi^2 = [\sum(n_i-1)]\ln S_w^2 - \sum(n_i-1)\ln S_i^2$$

Se caută valoarea critică $\chi^2_{(\alpha,k-1)}$ în **Tabelul 2.** (p. 45)

(**k** – numărul de probe).

Dacă $\chi^2 \le \chi^2_{(\alpha,k-1)}$ **H₀** se acceptă.

Aceasta înseamnă că varinațele populațiilor din care au fost extrase probele sunt egale și se poate trece la efectuarea ANOVA.

H_0: $\mu_A = \mu_B = \mu_C$

H_a: $\mu_A \neq \mu_B \neq \mu_C$

Etape de lucru:

1. Se calculează suma valorilor pentru fiecare probă:

$$\sum x_A, \sum x_B, \sum x_C$$

2. Se calculează media pentru fiecare probă: $\bar{x}_A, \bar{x}_B, \bar{x}_C$

3. Se calculează suma pătratelor valorilor din fiecare probă:

$$\sum x_A^2, \sum x_B^2, \sum x_C^2$$

4. Se ridică la pătrat sumele valorilor din fiecare probă.

$$(\sum x_A)^2, (\sum x_B)^2, (\sum x_C)^2$$

5. Fiecare valoare obținută la punctul 4. Se împarte la numărul observațiilor din fiecare probă, rezultatele obținute din aceste împărțiri se însumează: $\sum\left[\frac{(\sum x)^2}{n}\right]=\frac{(\sum x_A)^2}{n_A}+\frac{(\sum x_B)^2}{n_B}+\frac{(\sum x_C)^2}{n_C}$

6. Se calculează suma tuturor observațiilor din fiecare probă

$n_t=n_A+n_B+n_C$.

7. Se calculează: $\sum x_t=\sum x_A+\sum x_B+\sum x_C$

8. Se calculează: $\sum x_t^2=\sum x_A^2+\sum x_B^2+\sum x_C^2$.

9. Se calculează: $(\sum x_t)^2$

10. Se calculează: $\frac{(\sum x_t)^2}{n_t}$

pe baza rezultatelor obținute până acum se află trei sume de pătrate:

- totală $SP_t=\sum x_A^2-\frac{(\sum x_t)^2}{n_t}$

- între probe (externă)

$$SP_{ext}=\sum\left[\frac{(\sum x)^2}{n}\right]-\frac{(\sum x_t)^2}{n_t}$$

- în interiorul probelor (internă)

$$SP_{int}=SP_t-SP_{ext}$$

Se calculează media pătratelor abaterilor externă (dintre probe) (MP_{ext}) și media pătratelor abaterilor internă (din interiorul probei) (MP_{int}) prin împărțirea sumelor de pătrate la gradele de libertate corespunzătoare. Apoi, se calculează valoarea raportului de variație (**F**):

Variația	SP	Grade de libertate	MP	F
Între probe	SP_{ext}	k-1	$SP_{ext}/(k-1)$	MP_{ext}/MP_{int}
Reziduală	SP_{int}	$(n_t-1)-(k-1)$	$SP_{int}/(n_t-k)$	
Totală	SP_t	n_t-1		

Se caută valoarea critică $F_{(\alpha,k-1,n_t-k)}$ unde k – nr. de probe, în **Tabelul 5.** (p. 47).

Dacă $F \geq F_{(\alpha,k-1,n_t-k)}$ atunci **H₀** se respinge, **Hₐ** se acceptă.

Comparaţii multiple

Dacă s-a demonstrat că diferenţa între probe este semnificativă, se poate merge mai departe pentru a se aprecia exact care sunt probe sunt diferite semnificativ. Pentru aceasta, se aplică **testul Tukey extins**.

Să presupunem că cele 3 probe ipotetice, A, B, C, sun diferite semnificativ între ele. Nu ştim însă mediile căror probe diferă de mediile celorlalte probe. Pentru aceasta se va calcula o valoare critică (**Cr**) faţă de care o diferenţă dintre mediile a două probe trebuie să fie egală sau mai mare pentru a putea fi considerată ca semnificativă.

$$Cr = q\sqrt{\frac{MS_{int}}{n_{1,2}}}$$

$\mathbf{n_{1,2}}$ reprezintă media geometrică dintre numerele de cazuri ale celor 2 probe

$$n_{1,2} = \frac{2n_1 n_2}{n_1 + n_2}$$

se află valoarea $q_{(\alpha,k,n_{int}-1)}$ din **Tabelul 6.**(p. 48).

se calculează diferenţele dintre diverse combinaţii de medii ale probelor.

$$\bar{x}_A - \bar{x}_B$$

$$\bar{x}_A - \bar{x}_C$$

$$\bar{x}_B - \bar{x}_C$$

Dacă diferenţa dintre 2 probe este mai mare decât **Cr** atunci probele respective sunt semnificativ diferite (95%).

Valoarea critică calculată conform testului Tukey poate fi folosită pentru a calcula intervalul de confidenţă pentru o singură medie.

$$\bar{x} \pm \frac{Cr}{2}$$

Dacă aceste intervale nu se suprapun, atunci ele sunt diferite pentru pragul de semnificație fixat. Aceste intervale pot fi reprezentate și grafic (**Figura 5.**)

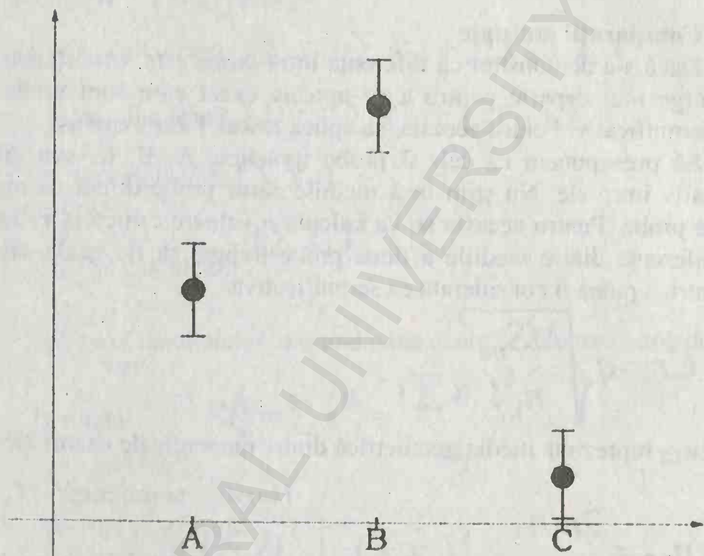


Figura 5. Reprezentarea grafică a intervalelor de confidență pentru mediile a 3 populații (A, B, C) conform ANOVA.

1.2.3.2. ANOVA nonparametrică

Când datele sunt măsurate pe o scală ordinală, sau când condițiile de aplicare a variantei parametrice de ANOVA, se folosesc pentru compararea a 3 sau mai multe probe, teste ANOVA nonparametrice. Acestea arată cât de plauzibilă poate fi o ipoteză cu privire la apartenența mai multor probe la aceeași populație. O astfel de alternativă nonparametrică este **ANOVA Kurskal-Wallis.**

Aceasta este folosită pentru a testa dacă 3 sau mai multe probe independente sunt prelevate din aceeași populație. Ca și în cazul celorlalte teste nonparametrice, mai întâi se acordă ranguri variabilelor din **(k)** probe

Valorile egale primesc media rangurilor pe care le-ar fi avut dacă erau diferite (vezi TESTUL MANN-WHITNEY).

Se calculează statistica testului:

n_i – nr. observaţiilor din proba (grupul) I
$\sum R_i$ – suma rangurilor din proba i
n_t – suma tuturor observaţiilor din toate probele
H are o distribuţie chi-pătrat cu k-1 grade de libertate. Astfel, se

caută valoarea critică în **Tabelul 2.** (p. 45).

Dacă H_0 se respinge, H_a se acceptă.

Exerciţii:

1. Într-un experiment s-a determinat conţinutul în seleniu a zooplancterilor din 5 lacuri. Să se afle dacă există diferenţe semnificative în ceea ce priveşte conţinutul de seleniu între cele 5 lacuri (după R. E. Hampton, 1994).

Lacul A	*Lacul B*	*Lacul C*	*Lacul D*	*Lacul E*
20	34	15	18	25
30	42	18	15	20
28	39	12	9	22
32	40	10	12	18
35	38	8	10	30
27	41	16	17	22
30	40	20	10	20
32	39	19	12	19

2. Trei grupuri de ouă ale unei broaşte tropicale au fost puse în apă, în apă cu 50ppm benzen, şi în apă saturată în benzen. După eclozare s-a măsurat creierul juvenililor. Să se determine dacă benzenul afectează mărimea creierului ţinând cont că nu ştim nimic despre distribuţia variabilelor (după J. Martin citat de R. E. Hampton, 1994).

Apă	*50ppm*	*Saturare*
81	88	111
72	89	109
68	92	133
87	107	
	101	
	91	

1.3. COREALȚIA ȘI REGRESIA

O cercetare ecologică poate urmări posibilele relații între două sau mai multe fenomene. De cel mai multe ori se urmărește relația dintre două variabile care să fie măsurate pe o scală ordinală, de interval sau de raport. Analiza unei astfel de relații se face prin corelație sau regresie, aplicarea uneia din cele două depinzând de natura datelor obținute și de problema care se pune în legătură cu acestea.

Corelația este folosită pentru a determina dacă: există asociere între două variabile și cât de puternică este această asociere. Prin asociere se înțelege că atunci când o variabilă se modifică cealaltă se modifică și ca într-un anumit mod. De remarcat că în cazul corelației nu se fac presupuneri vizând asocieri de tipul cauză-efect între cele două variabile, deși acestea ar putea exista. Există posibilitatea ca dinamica celor două variabile să fie determinată de o a treia.

Regresia, pe da altă parte, evidențiază cu precădere relațiile de tip cauză-efect dintre două variabile, astfel încât o proporție substanțială dintre valorile unei variabile, numită **variabilă dependentă**, să fie funcție de valorile celeilalte variabile, numită **variabilă independentă**.

O altă distincție marcantă între corelație și regresie este faptul că în majoritatea cazurilor de analiză a regresiei, variabila independentă nu este o variabilă aleatoare, normal distribuită, ci, mai curând, ea se află sub controlul experimentatorului.

În general, se fac suficiente confuzii privind care dintre cele două analize să fie aplicate. Pentru simplifica decizia conform căreia se aplică analiza corelației sau a regresiei propunem următorul exemplu cu 3 situații ipotetice:

Ex.: **A.** *Se aleg* ***la întâmplare*** *11 șopârle gravide dintr-o populație. După depunerea ouălor se înregistrează greutatea și numărul de ouă produse. Datele se reprezintă grafic desemnându-se* ***arbitrar*** *care dintre cele două variabile va fi reprezentată pe ordonată și care pe abscisă.*

B. *Se urmărește efectul temperaturii asupra frecvenței cardiace la cele 11 șopârle. Pentru aceasta fiecare dintre ele este supusă unei* ***anumite*** *temperaturi cuprinsă între anumite limite. Se înregistrează apoi la fiecare individ frecvența cardiacă. Temperatura,* ***variabila independentă, fixată arbitrar,*** *va fi reprezentată pe* ***abscisă****. Frecvența cardiacă,* ***variabila dependentă*** *de prima, va fi reprezentată pe* ***ordonată****.*

C. *Se aleg 11 șopârle gravide dintr-o populație* ***după un anumit criteriu*** *– să aibă o anumită greutate. Se urmărește mai departe câte ouă va produce fiecare animal. Greutatea,* ***variabila independentă,***

***aleasă arbitrar**, va fi reprezentată pe **abscisă**, iar dimensiunea pontei, **variabila dependentă** de prima va fi reprezentată pe **ordonată**.*

Dintre cele 3 situații descrise mai sus, prima (**A.**) este o problemă de analiză a corelației în timp ce situațiile **B.** și **C.** sunt probleme de analiză a regresiei. Deși situațiile **A.** și **C.** pot conduce aparent la ideea că ambele analize pot fi aplicate pe aceleași date, în realitate, aplicarea corelației sau regresiei este dictată de planificarea experimentului (în situația **A.** proba era prelevată aleator, în timp ce în situația **C.** proba era prelevată arbitrar, după un anumit criteriu).

1.3.1. Corelația

Analiza corelației trebuie să răspundă la două întrebări:

1. Există o legătură între cele două variabile?
2. Cât de puternică este relația dintre cele două variabile?

Prin a doua întrebare se are în vedere dispoziția grafică a punctelor de coordonate variabila 1 (x), variabila 2 (y). Cu cât relația este mai puternică cu atât punctele vor contura un nor liniar.

Analiza corelației poate fi parametrică sau neparametrică. Pentru fiecare dintre aceste situații se calculează câte un coeficient de corelație Pearson, pentru corelația parametrică, și Spearman, pentru corelația nonparametrică.

1.3.1.1. Coeficientul de corelație parametrică Pearson

Acest coeficient măsoară cât de puternică este relația dintre 2 variabile. Parametrul pentru întreaga populație se notează cu ρ. De regulă valoarea reală a acestui parametru este necunoscută, motiv pentru care ea trebuie estimată pe baza unei probe prelevate aleator din populația studiată. Coeficientul de corelație pentru probă se notează cu **r**. Coeficientul de corelație, fie că este pentru populație fie că este pentru probă poate lua valori de la −1 până la +1. Astfel pot exista următoarele situații:

- dacă **ρ** sau **r < 0** atunci corelația este negativă, adică când una din variabile crește cealaltă scade;

- dacă **ρ** sau **r = 0** atunci corelația nu există, adică nu există nici o relație între modul cum cele două variabile evoluează;

- dacă **ρ** sau **r >0** atunci corelația este pozitivă, adică când una din variabile crește cealaltă crește și ea.

Cu cât valoarea lui **ρ** sau **r** este mai aproape de +1 sau −1, cu atât relația dintre variabile este mai puternică, iar cu cât valoarea lui **ρ** sau **r** este mai apropiată de zero, cu atât relația dintre variabile este mai slabă.

Trebuie reținut că ρ sau r nu permite aprecierea semnificației relației dintre variabile.

Analiza corelației include și testarea semnificației relației dintre cele două variabile.

Condiții de aplicare:
1. Proba este prelevată aleator din populația studiată.
2. Ambele variabile sunt aproximativ normal distribuite.
3. Variabilele sunt exprimate pe o scală de interval sau de raport.
4. Relația dintre cele două variabile, dacă există, este liniară.

Ipoteza nulă în cazul analizei corelației este:
H_0: ρ = 0 (adică nu există corelație între cele două variabile);
H_a: ρ ≠ 0.
Se calculează coeficientul de corelație pentru probă:

$$r=\frac{\sum xy-\frac{\sum x\sum y}{n}}{\sqrt{\left(\sum x^2-\frac{(\sum x)^2}{n}\right)\left(\sum y^2-\frac{(\sum y)^2}{n}\right)}}$$

Semnificația coeficientului de corelație. Coeficientul de corelație este o măsură a puterii relației dintre două variabile; nu este un test de semnificație a relației, deși mulți îl consideră a fi.

Ipoteza nulă se referea la parametrul populațional care se presupunea a fi egal cu zero. Coeficientul de corelație al probei este doar o estimare a celui populațional. Pentru aflarea semnificației acestuia se calculează statistica:

$$t=r\sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

Se caută valoarea critică $t_{(\alpha,n-2)}$ în **Tabelul 1.** (p. 45).

Dacă $|t|\geq t_{(\alpha,n-2)}$ **H_0** se respinge, **H_a** se acceptă.

1.3.1.2. Coeficientul de corelaţie nonparametrică Spearman

Când condiţiile de aplicare ale analizei corelaţiei parametrice nu sunt îndeplinite poate fi folosit un coeficient de corelaţie nonparametric. Unul dintre cei mai folosiţi este coeficientul de corelaţie a rangurilor Spearman. Singurele condiţii de aplicare se referă la prelevarea aleatoare a probei şi la variabile ordinale.

Pentru calcularea coeficientului de corelaţie Spearman (**r_s**) trebuie parcurse următoarele etape:

1. Se dau ranguri valorilor variabilei **x**, începând cu cea mai mică şi terminând cu cea mai mare: **R_x**

2. Se dau ranguri valorilor variabilei y, începând cu cea mai mică şi terminând cu cea mai mare (de remarcat că, spre deosebire de celelalte teste nonparametrice discutate până acum aici cele două variabile primesc ranguri separat): **R_y**

3. Se află diferenţa dintre ranguri (**d**) şi apoi se ridică la pătrat (**d^2**):

$$d^2 = (R_y - R_x)^2$$

4. Se însumează pătratele diferenţelor dintre ranguri: $\sum d^2$

5. se calculează coeficientul de regresie Spearman conform ecuaţiei:

$$r_s = 1 - \frac{6\sum d^2}{n^3 - n}; \qquad n \text{ - numarul de observatii}$$

Semnificaţia r_s

Ipoteza nulă în cazul testului Spearman al corelaţiei este aceeaşi cu cea a testului parametric Pearson, adică nu există nici o relaţie între cele două variabile. Ipoteza alternativă este şi ea aceeaşi cu cea din cazul testului parametric Pearson.

Testul se realizează la fel ca în cazul testului Pearson, se compară **t** cu **$t_{(\alpha,n-2)}$**.

1.3.1.3. Comparaţia a doi coeficienţi de corelaţie

Dacă avem doi coeficienţi de corelaţie de la 2 probe (**r_A**, **r_B**) se poate aprecia semnificaţia diferenţei dintre aceştia.

Ipotezele testului sunt:

H_0: $r_A = r_B$ (adică nu este nici o diferență între cei doi coeficienți)
H_a: $r_A \neq r_B$

Datorită faptului că intervalele de valori ale coeficienților de corelație sunt oarecum comprimate (-1 - +1), acestora li se aplică o transformare. În acest fel se obțin valorile transformate corespunzătoare celor doi coeficienți, z_A, z_B, care sunt normal distribuite. Acest fapt permite calcularea statisticii testului t.

Se transformă coeficienții de corelație:

$$z_A = \text{arctg}\, r_A = 0{,}5 \ln \frac{1+r_A}{1-r_A}$$

$$z_B = \text{arctg}\, r_B = 0{,}5 \ln \frac{1+r_B}{1-r_B}$$

Se calculează eroarea standard a diferenței:

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{1}{n_A-3} + \frac{1}{n_B-3}}$$

Se află valoarea statisticii t:

$$t = \frac{z_A - z_B}{\sigma_d}$$

Se caută valoarea critică $t_{(\alpha, n_1+n_2)}$ din **Tabelul 1.** (p. 45).

Dacă $|t| \geq t_{(\alpha, n_1+n_2)}$ **H_0** se respinge, **H_a** se acceptă.

1.3.2. Regresia

Regresia este oarecum similară cu corelația, dar permite evidențierea unor relații de tip cauză-efect între cele două variabile, iar variabila independentă se află sub controlul experimentatorului. De fapt, se emite ipoteza că există o funcție care permite aflarea unei valori a variabilei dependente (**y**) pe baza unei anumite valori a variabilei independente (**x**). Din punct de vedere matematic, această funcție se exprimă ca:

$$y = f(x)$$

În cazul regresiei liniare simple, relația devine:

$$\mu_y = \alpha + \beta x$$ unde:

μ_y – media populațională a valorilor lui y pentru orice valoare al lui x;

α – intersecția;

β – panta.

Analiza regresiei include:

1. Aproximarea ecuației (funcției) de regresie care să descrie relația liniară dintre cele două variabile;

2. Trasarea dreptei de regresie;

3. Estimarea valorilor lui variabilei dependente (y) pentru diferite valori ale variabilei independente (x);

4. Estimarea măsurii în care variabila dependentă se află sub controlul variabilei independente.

Condiții de aplicare:
1. Valorile variabilei independentă sunt alese arbitrar și nu aleator din populație. 2. Pentru orice valoare a variabilei independente (x) există o populație normal distribuită de valori ale variabilei dependente (y), a cărei medii este: $\mu_y = \alpha + \beta x$ 3. Din a doua condiție rezultă că pentru orice valoare a lui x există, există o valoare particulară a lui y (y_i) conform relației: $y_i = \alpha + \beta x + e$ e – reziduu, adică măsura în care orice valoare observată a lui y diferă de media valorilor lui y (abaterea unei valori y față de medie). 4. Varianțele variabilei y pentru toate valorile lui x sunt egale. 5. Observațiile sunt independente, adică indivizii unei probe sunt investigațio singură dată.

Dacă prima condiție nu este respectată analiza regresiei nu este aplicabilă. În schimb, s-ar putea recurge la analiza corelației.

Unul dintre punctele analizei regresiei este estimarea funcției de regresie.

$\mu_y = \alpha + \beta x$ unde α – intersecția, β – panta.

Parametrii acestei funcţii sunt estimaţi pe baza unei probe. Astfel, estimarea intersecţiei va fi notată cu **a**, iar estimarea pantei, denumită uzual şi coeficient de regresie, cu **b**. Pe baza acestora se estimează dreapta de regresie. Din moment ce funcţia defineşte dreapta, în continuare aceste două deziderate ale analizei regresiei vor fi tratate împreună.

Dreapta de regresie va trece întotdeauna prin punctul de coordonate $\bar{x}, \bar{y}$. Prin acest punct se trasează o linie orizontală. Se trasează apoi câte o linie verticală de la fiecare valoare a lui **y** până la această linie orizontală. Fiecare dintre aceste linii reprezintă abaterea fiecărei valori observate a lui **y**, faţă de media valorilor lui **y**.

Acest fapt poate fi exprimat prin relaţia: $y - \bar{y}$ **(Figura 6.)**.

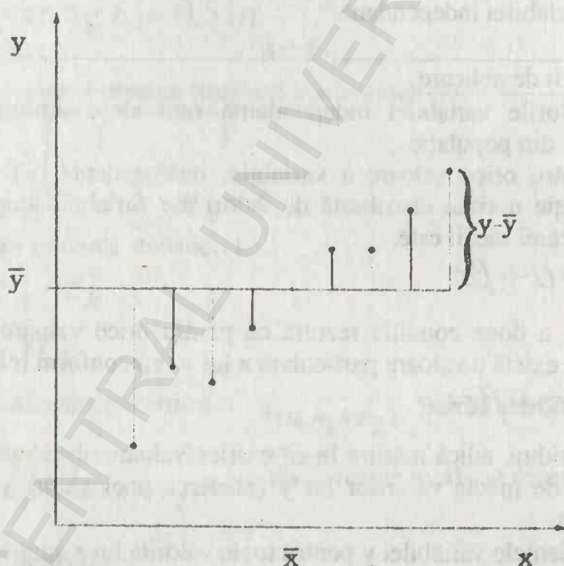


Figura 6. Reprezentarea grafică a variaţiei variabilei dependente când variabila independentă nu este luată în considerare.

Suma acestor abateri va fi aproximativ egală cu zero:
$\sum(y - \bar{y}) \approx 0$.

Suma pătratelor abaterilor va fi mai mare ca zero $\sum(y - \bar{y})^2 > 0$.

Deci, până acum, am calculat suma pătratelor abaterilor lui **y**, fără a ţine cont de **x**. Să presupunem că linia orizontală pivotează în jurul

punctului de coordonate $\bar{x},\bar{y}$ până când ajunge într-o poziție astfel încât distanța de la valorile lui y până la linie să fie minime (**Figura 7.**). Valorile corespunzătoare lui y de pe dreaptă se notează cu $\bar{\bar{y}}$. Liniile verticale trasate de la dreaptă până la valorile individuale ale lui y sunt exprimate prin relația: $y - \bar{\bar{y}}$.

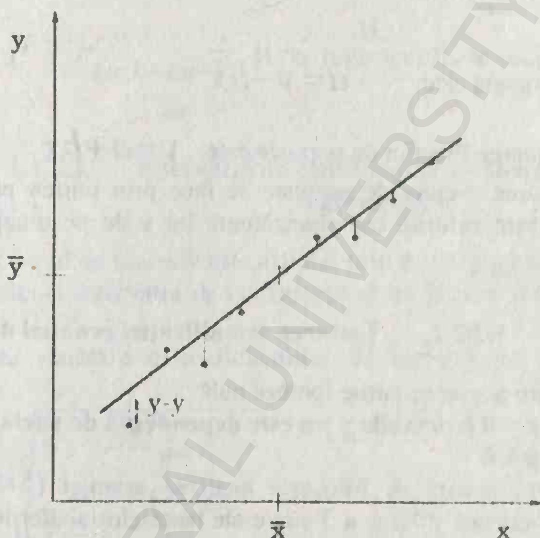


Figura 7. Reprezentarea grafică a variației variabilei dependentă când este luată în considerație și variabila independentă.

Rezultatul diferenței de mai sus reprezintă abaterea fiecărei valori individuale al lui y față de dreapta de regresie. Ridicarea la pătrat a diferențelor dintre valorile lui y și cele corespunzătoare acestora de pe dreapta de regresie, și însumarea lor va da suma pătratelor abaterilor față de dreapta de regresie, care reprezintă variația lui y când se ține cont și de x:

$$\sum(y-\bar{\bar{y}})^2 .$$

Diferența simplă dintre $y-\bar{\bar{y}}$ se mai numește și reziduu (e) și, conform condiției a treia de aplicare a analizei regresiei, are media zero și o distribuție normală.

1.3.2.1. Estimarea ecuației (funcției) de regresie

Panta estimată a ecuației de regresie este dată de formula:

$$b=\frac{\sum xy-\frac{\sum x\sum y}{n}}{\sum x^2-\frac{\sum x^2}{n}}$$

Intersecția estimată este: $a=\bar{y}-b\bar{x}$

Estimarea funcției de regresie este: $\bar{\bar{y}}=a+bx$

Trasarea dreptei de regresie se face prin unirea punctelor având drept coordonate valorile corespunzătoare lui **y** de pe dreapta de regresie ($\bar{\bar{y}}$) și valorile lui **x**.

1.3.2.2. Testarea semnificației ecuației de regresie

Pentru acesta se emite ipoteza nulă:

H_0: $\beta = 0$ (variabila y nu este dependentă de variabila x)

H_a: $\beta \neq 0$

Pentru testare se folosește analiza varianței (ANOVA). Pentru aceasta este necesară aflarea a 3 sume ale pătratelor abaterilor: totală (**SP_t**), de regresie sau externă (**SP_{ext}**) și internă (**SP_{int}**). Gradele de libertate pentru cele trei sume de pătrate sunt respectiv: numărul observațiilor (n-1), numărul grupurilor - 1 (k-1=1) și numărul observațiilor - 2 (n-2).

$$SP_t=\sum y-\frac{(\sum y)^2}{n}$$

$$SP_{ext}=b(\sum xy-\frac{\sum x\sum y}{n})$$

$$SP_{int}=SP_t-SP_{ext}$$

Se calculează media abaterilor pătratelor externă și internă, iar apoi se calculează raportul dintre ele, notat cu **F**.

Variaţia	SP	Grade de libertate	MP	F
De regresie	SP_{ext}	k-1	$SP_{ext}/k-1$	MP_{ext}/MP_{int}
Internă	SP_{int}	n-k	$SP_{int}/n-k$	
Totală	SP_t	n-1		

Se caută valoarea critică $F_{(\alpha,k-1,n-k)}$ în **Tabelul 5.** (p. 47).

Dacă $F \geq F_{(\alpha,k-1,n-k)}$ **H_0** se respinge, **H_a** se acceptă.

1.3.2.3. Intervalul de confidenţă a coeficientului de regresie (β)

Coeficientul de regresie este estimat prin **b**. Nu putem spune că **β** = **b** dar putem calcula intervalul de confidenţă al lui **β** cu o probabilitate de 95%.

Eroarea standard a coeficientului de regresie se află conform formulei:

$$S_b = \sqrt{\frac{MP_{int}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}}$$

Se caută valoarea critică $t_{(\alpha,n-2)}$ în **Tabelul 1.** (p. 45).

Limitele intervalului de confidenţă pentru **β** se află din relaţia:

$$\beta = b \pm S_b \cdot t_{(\alpha,n-2)}$$

1.3.2.4. Coeficientul de determinare (r^2)

Variaţia lui **y** este mult redusă datorită lui **x**, adică modul în care se comportă **y** este în mare măsură dependent de **x**. Dar nu toate valorile luate de **y** sunt sub controlul strict al variabile **x**. Această variaţie este varianţa internă sau din interiorul grupului de variabile pe care le poate lua **y**. Se poate pune întrebarea cât la sută dintre valorile lui y sunt dependente de **x**? Pentru a răspunde la această întrebare trebuie calculat coeficientul de determinare:

$$r^2 = \frac{SP_{ext}}{SP_t}$$

Să presupunem că am obținut un $r^2 = 0,939$. Aceasta înseamnă că 93,9% din valorile lui **y** sunt determinate de valorile lui **x**. De remarcat, că există o varianță internă a lui **y** de 100 - 93,9 = 6,1% care nu poate fi explicată prin prisma valorilor variabile independente.

Coeficientul de determinare poate fi calculat și pentru analiza corelației, caz în care valoarea sa se obține prin ridicarea la pătrat a coeficientului de corelație. Interpretarea într-o atare situație este că $r^2 \times 100$ % din valorile lui y sunt asociate (corelate) cu valorile lui **x**, și invers.

1.3.2.5. Estimarea lui y când x este cunoscut

O importantă facilitate oferită de analiza regresiei este aflarea valorii variabilei dependente (y) corespunzătoare unei valori date a variabilei independente (x). În realitate, această estimare vizează obținerea mediei valorilor pe care le poate lua **y** pentru o anumită valoare a lui **x**. Aceasta se explică prin faptul că prin înlocuirea lui **x** în funcția de regresie se obține coordonata y pentru un punct de pe dreapta de regresie, adică $\bar{\bar{y}}$.

Valoarea lui $\bar{\bar{y}}$ pentru o anumită valoare a lui x se obține din ecuația dreptei de regresie:

$$\bar{\bar{y}} = a + bx$$

Se calculează apoi eroarea standard a lui **y**:

$$S_{\bar{\bar{y}}} = \sqrt{MP_{int}\left[\frac{1}{n} + \frac{(x-\bar{x})^2}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}\right]}$$

Se caută valoarea critică $t_{(\alpha,n-2)}$ **în Tabelul 1.** (p. 45)

Se calculează limitele intervalului de confidență a mediei valorilor lui y pentru valoarea dată **x**.

$$\mu_{\bar{\bar{y}}} = \bar{\bar{y}} \pm S_{\bar{\bar{y}}} \cdot t_{(\alpha,n-2)}$$

Dacă limitele intervalului de confidență se calculează pentru toate valorile lui **x** din probă, ele pot fi reprezentate grafic (**Figura 8.**).

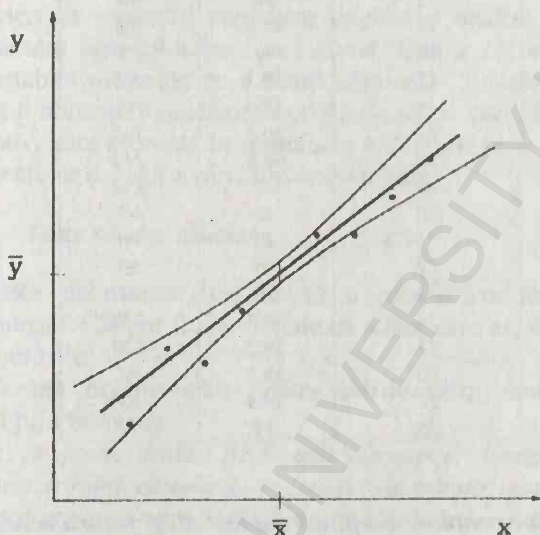


Figura 8. Reprezentarea grafică a intervalului de confidență pentru media valorilor variabilei dependente corespunzătoare unei anumite valori a variabilei independente.

Exerciții:

1. S-au colectat din natură, la întâmplare, 28 de șerpi la care s-au măsurat lungimea (cm) și greutatea (g). Există relație între cele două caractere? (după de R. E. Hampton, 1994)

Nr. exemplar	*Lungime*	*Greutate*
1	*44,5*	*96*
2	*49,5*	*68*
3	*41*	*72*
4	*30*	*17*
5	*48*	*94*
6	*43*	*52*
7	*41*	*74*
8	*53*	*92*

Nr. exemplar	Lungime	Greutate
9	52	92
10	50	64
11	49,5	80
12	49	86
13	48,5	52
14	44	71
15	50,5	87
16	48,5	85
17	50,5	69
18	68,5	214
19	52	152
20	42	83
21	42	90
22	46	59
23	52	92
24	70,5	170
25	58,5	120
26	50,5	94
27	40,5	53
28	48	51

2. Nouă exemplare de pitoni au fost aleşi pentru a se afla măsura în care temperatura mediului determină frecvenţa cardiacă.

Nr. exemplar	t°C	Bătăi minut
1	2	5
2	4	11
3	6	11
4	8	14
5	10	22
6	12	23
7	14	32
8	16	29
9	18	32

Pe baza analizei regresiei, să se estimeze valoarea frecvenţei cardiace la temperatura de 15°C (după R. E. Hampton, 1994).

1.4. ANALIZA FRECVENŢELOR ŞI A VARIABILELOR NOMINALE

Numeroase cercetări ecologice implică o analiză a frecvenţelor, adică a numărului apariţiilor unui eveniment. Datele obţinute în acest fel constituie variabile măsurate pe o scară nominală. Testele discutate până acum, nu pot fi aplicate în analiza frecvenţelor sau a variabilelor nominale. Din acest motiv, vom prezenta în continuare mai multe teste potrivite pentru analiza frecvenţelor şi / sau a variabilelor nominale.

1.4.1. Teste pentru asociere

Acestea determină dacă există o relaţie sau asociere între 2 variabile nominale. Ele pot fi considerate ca alternative ale corelaţiei pentru variabilele nominale.

Preferinţa organismelor pentru stările celor două variabile se concretizează prin frecvenţe.

Ex.: Se poate urmări preferinţa unei specii bentonice pentru un anumit substrat (prima variabilă) în funcţie de vârsta indivizilor (a doua variabilă). În acest sens se va afla frecvenţa indivizilor juvenili şi a celor adulţi, găsiţi pe cele două substraturi. Din această situaţie ipotetică reiese că avem indivizi care se încadrează în mai multe categorii, care se exclud reciproc: acelaşi individ matur găsit pe nisip nu va putea fi găsit şi pe mâl. Între categorii nu există poziţii intermediare şi nici posibilitatea de stabili o egalitate. Se poate urmări dacă există o relaţie între vârsta şi substratul pe care se găsesc indivizii.

Datele trebuie prezentate într-un tabel cu două intrări numit matrice de contingenţă.

1.4.1.1. Testul χ^2 pentru asociere (Analiza contingenţei)

Ipotezele testului sunt:

H_0: nu există relaţie (asociere) între variabile

Ha: există relaţie între variabile

Condiţii de aplicare:
1. Datele sunt sub formă de frecvenţă. 2. Probele sunt independente (un individ poate ocupa o singură poziţie în matricea de contingenţă). 3. Nu există mai mult de 20 % din poziţiile matricei de contingenţă

Condiţii de aplicare:
care să aibă o valoare calculată teoretic mai mică de 5, şi nici o poziţie nu are valoarea calculată teoretic egală cu 0. Aceasta înseamnă că pentru o matrice de contingenţă de 2x2, toate poziţiile trebuie să aibă o valoare calculată teoretic egală sau mai mare de 5.

Se alcătuieşte matricea de contingenţă cu r rânduri şi c coloane. Pentru uşurinţă se alcătuieşte o matrice cu 2 rânduri şi 2 coloane:

	Categoria 1	Categoria 2	Total
Grup 1	a	b	a+b
Grup 2	c	d	c+d
Total	a+c	b+d	T=a+b+c+d

Valorile teoretice corespunzătoare celor observate se calculează astfel:

$$\text{valoarea teoretică pentru o poziţie} = \frac{\text{total pe rând} \times \text{total pe coloană}}{\text{toatalul general}}$$

Pentru matricea de contingenţă de mai sus valorile calculate teoretic sunt:

Valori observate (o)	**Valori calculate teoretic (t)**
a	$\frac{(a+b)(a+c)}{T}$
b	$\frac{(a+d)(b+d)}{T}$
c	$\frac{(c+d)(a+c)}{T}$
d	$\frac{(c+d)(b+d)}{T}$

Se calculează statistica testului conform formulei:

$$\chi^2 = \sum \frac{(o-t)^2}{t}$$

Când frecvenţele unei matrice de contingenţă 2x2 sunt mici astfel că valorile teoretice sunt mai mici de 10 se aplică formula alternativă cu

corecţia lui Yates (din diferenţa absolută **o-t** se scade 0,5 şi apoi se ridică la putere).

Se caută valoarea critică $\chi^2_{(\alpha,(r-1)(c-1))}$ în **Tabelul 2.** (p. 45).

Dacă $\chi^2 \geq \chi^2_{(\alpha,(r-1)(c-1))}$ **H_0** se respinge, **H_a** se acceptă.

1.4.1.2. Testul Fisher

Acest test în mare parte similar cu testul χ^2 pentru asociere şi se foloseşte pentru testarea asocierii dintre două variabile nominale. Diferenţa dintre cele două teste constă în faptul că testul **Fisher** nu prevede condiţia a 3-a de aplicare a testului χ^2.

Ipotezele testului sunt:

H_0: nu există relaţie (asociere) între variabile

Ha: există relaţie între variabile

Condiţii de aplicare:
1. Datele sunt sub formă de frecvenţă.
2. Probele sunt independente (un individ poate ocupa o singură poziţie în matricea de contingenţă).

Matricea de contingenţă se prezintă astfel:

	Categoria 1	Categoria 2	Total
Grup 1	a	b	a+b
Grup 2	c	d	c+d
Total	a+c	b+d	T=a+b+c+d

În cazul acestui test se calculează probabilitatea ca **H_0** să fie adevărată după formula:

$$p = \frac{(a+b)!(c+d)!(a+c)!(b+d)!}{T!a!b!c!d!}$$

Prin convenţie $0! = 1$

Dacă p este apropiată de $\alpha = 0,05$ sau în general este sub unitar, atunci **H_0** se poate respinge şi **H_a** se acceptă.

1.4.1.3. Testul McNemar

Atât testul χ^2 cât și testul **Fisher** presupun independența probelor, adică un individ nu poate ocupa decât o singură poziție în matricea de contingență. Există însă situații când fie nu este posibil fie ni se dorește respectarea condiției de independență a probelor. De exemplu, vrem să vedem efectul uni tratament asupra unor animale. Pentru aceasta, trebuie surprinsă numai modificarea indusă de tratament, nu și cea datorată variației din cadrul grupului. Acest lucru se poate realiza prin investigarea indivizilor de două ori: odată înainte de aplicarea tratamentului și încă odată după aplicarea acestuia. Fiecare individ este folosit ca propriul său control.

Într-o situație ca cea descrisă mai sus se recomandă aplicarea testului **McNemar** care testează semnificația modificării răspunsului dat sub influența unui anumit tratament. Acest test este similar testelor pentru două probe din aceeași populație, cu deosebirea că se aplică variabilelor nominale.

Ipotezele testului sunt:

H_0: răspunsul este același, indiferent de tratament

H_a: răspunsul se modifică în funcție de tratament.

Condiții de aplicare:
1. Datele sunt sub formă de frecvență.
2. Fiecare individ este investigat de două ori, de fiecare dată în condiții diferite.

Un grup de animale sunt supuse la 2 tratamente față de care există 2 posibilități de răspuns. Matricea de contingență în cazul acestui test se prezintă astfel:

		Tratament 1	
		Răspuns 1	Răspuns 2
Tratament 2	Răspuns 1	a	b
	Răspuns 2	c	d

Animalele care și-au modificat răspunsul ocupă pozițiile **b** și **c**. Cele de pe pozițiile **a** și **d** au reacționat fie prin **răspunsul 1 (a)** fie prin **răspunsul 2 (d)**, indiferent de tratament.

Testul ține cont doar de indivizii care au reacționat diferit la cele două tratamente.

Statistica testului este:

$$\chi^2 = \frac{(c-b-1)^2}{c+b}$$

Se caută valoarea critică $\chi^2_{(\alpha,(r-1)(c-1))}$ în **Tabelul 2.** (p. 45). În acest caz, **r** şi **c** sunt egale cu 1.

Dacă $\chi^2 \geq \chi^2_{(\alpha,(r-1)(c-1))}$ atunci $\mathbf{H_0}$ se respinge, $\mathbf{H_a}$ se acceptă.

Când frecvenţele sunt suficient de mici astfel încât

$\frac{c+b}{2} < 5$ se poate calcula probabilitatea binomială ca $\mathbf{H_0}$ să fie adevărată:

$$p(x) = \frac{k!}{x!(k-x)!} p^k \cdot q^{(k-x)}$$

$$k = c+b$$
$$x = \min(c;b)$$
$$p = 0{,}5$$
$$q = 1-p$$

Dacă **p(x)** este apropiată de α = 0,05 sau în general este sub unitat, atunci $\mathbf{H_0}$ se poate respinge şi $\mathbf{H_a}$ se acceptă.

Exerciţii:

1. Există suspiciunea că şerpii de apă ce se hrănesc în lacul Michigan migrează toamna în bălţile limitrofe pentru a se înmulţi. Dacă această suspiciune s-ar adeveri, atunci femelele ar fi cele care ar migra în număr mai mare decât masculii. Datele colectate se prezintă astfel:

	Migratori	*Nemigratori*
femele	*25*	*2*
masculi	*4*	*30*

să se demonstreze dacă există vreo asociere între sex şi migraţie (după C. Mayers citat de R. E. Hampton, 1994).

2. Două grupuri de cât 7 şerpi juvenili au fost expuse astfel: primul grup al un stimul aerian, iar al doilea la un stimul terestru. S-a înregistrat numărul indivizilor din fiecare grup care a încercat să scape la apariţia stimulului. Rezultatele au fost următoarele:

- 6 indivizi au reacţionat la stimulul aerian;

- 1 individ a reacţionat la stimulul terestru.

Să se demonstreze care stimul este mai important în declanşarea comportamentului de scăpare (după G. Hampton şi J. Gillingham citaţi de R. E. Hampton, 1994).

3. Un grup de 15 şerpi cu clopoţei (Crotalus atrox) adulţi, au fost hrăniţi cu şoareci (pradă mică) şi apoi cu şobolani (pradă mare). S-a observat că şerpii fie muşcau şi apoi eliberau prada aşteptând ca veninul să-şi facă efectul, fie muşcau şi ţineau prada în gură până când acesta murea. Rezultatele au fost următoarele:

- 3 indivizi au eliberat prada indiferent de mărimea ei;

- 10 indivizi au eliberat şobolanii şi au reţinut şoarecii;

- 2 indivizi au reţinut prada indiferent de mărimea ei;

- 0 indivizi au reţinut şobolanii şi au eliberat şoarecii.

Să se afle dacă şerpii îşi modifică comportamentul de hrănire în funcţie de mărimea prăzii (după R.K. Easter şi M.A. Goodrick citaţi de R. E. Hampton, 1994).

1.5. TABELE STATISTICE

Tabelul 1. Valorile critice ale distribuţiei t

α (bilateral)	0,05	0,1
α (unilateral)	0,025	0,05
Grade de libertate		
1	12,706	6,314
2	4,303	2,920
3	3,182	2,353
4	2,776	2,132
5	2,571	2,015
6	2,447	1,943
7	2,365	1,895
8	2,306	1,861
9	2,262	1,833
10	2,228	1,812
11	2,201	1,796
12	2,179	1,782
13	2,160	1,771
14	2,145	1,761
15	2,131	1,753
16	2,120	1,746
17	2,110	1,740
18	2,101	1,734
19	2,093	1,729
20	2,086	1,725
21	2,080	1,721
22	2,074	1,717
23	2,069	1,714
24	2,064	1,711
25	2,060	1,708
26	2,056	1,706
27	2,052	1,703
28	2,048	1,701
29	2,045	1,699
30	2,042	1,697
40	2,021	1,684
60	2,000	1,671
100	1,984	1,660
120	1,980	1,658
∞	1,960	1,645

Tabelul 2. Valorile critice ale distribuţiei χ^2

Grade de libertate	α=0,1	α=0,05
1	2,71	3,841
2	4,61	5,991
3	6,25	7.815
4	7,78	9,49
5	9,24	11,07
6	10,65	12,59
7	12,02	14,07
8	13,36	15,51
9	14,68	16,92
10	15,99	18,31
11	17,28	19,68
12	18,55	21,03
13	19,81	22,36
14	21,06	23,69
15	22,31	25,00
16	23,54	26,30
17	24,77	27,59
18	25,99	28,87
19	27,02	30,14
20	28,41	31,41
21	29,62	32,67
22	30,81	33,92
23	32,01	35,17
24	33,20	35,42
25	34,38	37,65
26	35,56	38,89
27	36,74	40,11
28	37,92	41,34
29	39,09	42,56
30	40,26	43,77
40	51,81	55,76
50	63,17	67,51
60	74,40	79,08
70	85,53	90,53
80	96,58	101,88
90	107,57	113,15
100	118,50	124,34
200	226,02	233,99
500	540,93	553,13
1000	1057,72	1074,68

Tabelul 3. Valorile critice ale statisticii T a testului Wilcoxon

N	bilateral $\alpha=0{,}05$	Bilateral $\alpha=0{,}1$ Unilateral $\alpha=0{,}05$
6	0	2
7	2	3
8	4	5
9	6	8
10	8	10
11	11	13
12	14	17
13	17	21
14	21	25
15	25	30
16	30	35
17	35	41
18	40	47
19	46	53
20	52	60
21	59	67
22	66	75
23	73	83
24	81	91
25	89	100
26	98	110
27	107	119
28	116	130
29	126	140
30	137	151
35	195	213
40	264	286
45	343	371
50	434	466
60	648	690
70	907	960
80	1211	1276
90	1560	1638
100	1955	2045

Tabelul 4. Valorile critice ale statisticii U pentru testul Mann-Whitney pentru α=0,05

Proba mare																Proba mică
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
23	27	30	34	38	42	46	49	53	57	61	65	68	72	76	80	5
	31	36	40	44	49	53	58	72	67	71	75	80	84	89	93	6
		41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	101	106	7
			51	57	63	69	74	80	86	91	97	102	108	114	119	8
				64	70	46	82	89	95	101	107	114	120	126	132	9
					77	84	91	97	104	111	118	125	132	138	145	10
						91	99	106	114	121	129	136	143	151	158	11
							107	115	123	131	139	147	155	163	171	12
								124	132	141	149	158	167	175	184	13
									141	151	160	169	178	188	197	14
										161	170	180	190	200	210	15
											181	191	202	212	222	16
												202	213	224	235	17
													225	236	248	18
														248	261	19
															273	20

Tabelul 5. Valorile critice ale distribuţiei F, pentru α=0,05.

n-1	k-1									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	18,5	19,0	19,2	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
3	10,1	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,77	3,73	3,68	3,64
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96	1,91

Tabelul 6. Valorile critice ale statisticii q pentru testul Tukey (α=0,05).

n-1	K								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	17,97	26,98	32,82	37,08	40,41	43,12	45,40	47,36	49,07
2	6,08	8,33	9,80	10,88	11,74	12,44	13,03	13,54	13,99
3	4,50	5,91	6,82	7,50	8,04	8,48	8,85	9,18	9,46
4	3,93	5,04	5,76	6,29	6,71	7,05	7,35	7,60	7,83
5	3,64	4,60	5,22	5,67	6,03	6,33	6,58	6,80	6,99
6	3,46	4,34	4,90	5,30	5,63	5,90	6,12	6,32	6,49
7	3,34	4,16	4,68	5,06	5,36	5,61	5,82	6,00	6,16
8	3,26	4,04	4,53	4,89	5,17	5,40	5,60	5,77	5,92
9	3,20	3,95	4,41	4,76	5,02	5,24	5,43	5,59	5,74
10	3,15	3,88	4,33	4,65	4,91	5,12	5,30	5,46	5,60
11	3,11	3,82	4,26	4,57	4,82	5,03	5,20	5,35	5,49
12	3,08	3,77	4,20	4,51	4,75	4,95	5,12	5,27	5,39
13	3,06	3,73	4,15	4,45	4,69	4,88	5,05	5,19	5,32
14	3,03	3,70	4,11	4,41	4,64	4,83	4,99	5,13	5,25
15	3,01	3,67	4,08	4,37	4,59	4,78	4,94	5,08	5,20
16	3,00	3,65	4,05	4,33	4,56	4,74	4,90	5,03	5,15
17	2,98	3,63	4,02	4,30	4,52	4,70	4,86	4,99	5,11
18	2,97	3,61	4,00	4,28	4,49	4,67	4,82	4,96	5,07
19	2,96	3,59	3,98	4,25	4,47	4,65	4,79	4,92	5,04
20	2,95	3,58	3,96	4,23	4,45	4,62	4,77	4,90	5,01
24	2,92	3,53	3,90	4,17	4,37	4,54	4,68	4,81	4,92
30	2,89	3,49	3,85	4,10	4,30	4,46	4,60	4,72	4,82
40	2,86	3,44	3,79	4,04	4,23	4,39	4,52	4,63	4,73
60	2,83	3,40	3,74	3,98	4,16	4,31	4,44	4,55	4,65
120	2,80	3,36	3,68	3,92	4,10	4,24	4,36	4,47	4,56

CAPITOLUL 2. BIOTOPUL

2.1. GENERALITĂŢI

Spaţiul ocupat de o biocenoză se numeşte biotop. Structural, biotopul este alcătuit din **substrat şi regimul climatic**.

Substratul are o structură proprie în funcţie de natura fizică: solid (pentru ecosistemele terestre), lichid (pentru ecosistemele acvatice dulcicole, salmastre, marine). Compoziţia chimică minerală şi organică a substratului poate fi diferită de la o regiune climatică la alta şi avînd în vedere unitatea organismelor cu mediul, influenţează organizarea şi structura biocenozelor. **Regimul climatic** înţeles ca totalitatea interacţiunilor factorilor climatici depinde de cantitatea de energie solară primită, care la rîndul ei depinde de unghiul de incidenţă a razelor solare, durata de expunere, latitudine, poziţia soarelui pe bolta cerească.

Variaţiile climatice sunt evidenţiate de noţiunile de: **macroclimă, mezoclimă, microclimă, pedoclimă, fitoclimă**.

Noţiunea de microclimă defineşte condiţiile strict locale. De exemplu, microclima frunzarului din pădure, microclima versanţilor. Noţiunile de pedoclimă şi fitoclimă exprimă microclimate particulare. Pedoclima reprezintă microclima solului, generată de particularitaţi de structură, textură, culoare. Fitoclima este microclima din interiorul vegetaţiei erboase sau lemnoase.

Având în vedere principiul interacţiunii, influenţa biotop – biocenoză este reciprocă. Biotopul influenţează tipul şi organizarea biocenozei. Biocenoza la rândul ei determină microclimate în care trăiesc organisme cu valenţe corespunzătoare.

Cunoaşterea substratului şi a factorilor care alcătuiesc regimul climatic ajută la înţelegerea particularităţilor structurale ale unei biocenoze. "Fiecare plantă este o măsură pentru condiţiile de climă şi sol" (Clements,1928 citat după Pârvu, 1999).

2.2. LUMINA

2.2.1. Generaltăți

Lumina este un factor ecologic periodic primar de o importanță vitală în ecosisteme. Din punct de vedere fizic, lumina este un complex de radiații electromagnetice, compusă din spectrul vizibil și spectrul invizibil. Ecologic, spectrul vizibil îndeplinește o funcție informațională și o funcție energetică. Dintre mărimile energetice cităm noțiunea de **energie radiantă** și noțiunea de **flux de energie radiantă**.

Energia radiantă este cantitatea de energie pe care o transportă undele electro-magnetice.

Proprietățile energiei radiante sunt exprimate de trei legi: legea intensității, legea distanțelor și legea cosinusului.

Legea intensității evidențiază că iluminarea unei suprafețe este direct proporțională cu intensitatea sursei de iluminare a suprafeței.

Legea distanțelor subliniază că iluminarea unei suprafețe variază invers proporțional cu pătratul distanței dintre sursă și suprafață.

Legea cosinusului arată că iluminarea unei suprafețe este direct proporțională cu intensitatea luminoasă și cu cosinusul unghiului razelor ce cad pe acea suprafață.

2.2.2. Măsurarea energiei radiante și a iluminării

Fluxul de energie se măsoară cu **actinometrul**, iar iluminarea cu **luxmetrul.**

Actinometrul (Figura. 9.) este format din tubul actinometric cu rolul de a concentra razele spre piesa receptoare, numită steaua termică a lui Savinov care transformă energia radiantă în curent electric, transformare echivalentă și proporțională.

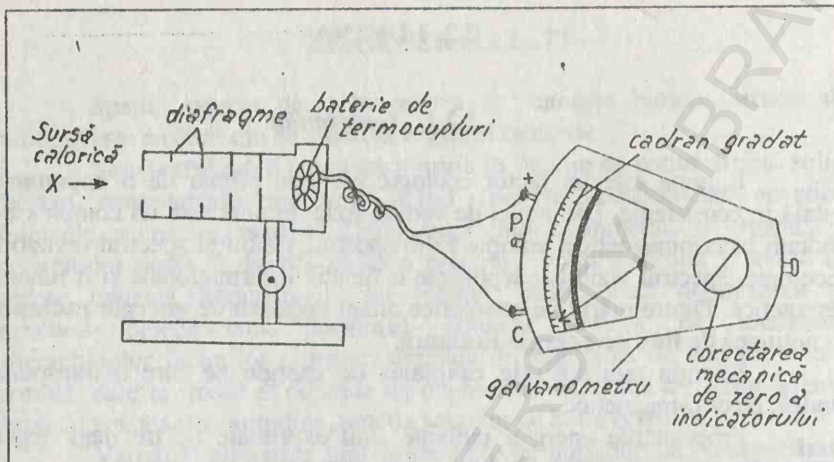


Figura. 9. Schema de alcătuire a actinometrului tip GSA-1 şi a galvanometrului

Luxmetrul (Figura. 10.) este alcătuit dintr-o celulă fotoelectrică cu seleniu, cuplată la un galvanometru al cărui cadran este gradat în unităţi de iluminare. Luxmetrele moderne au galvanometrele cu următoarele scări de intensitatde: 0 – 100; 0-1000; 0-10.000; 0-100.000 lucşi (lx).

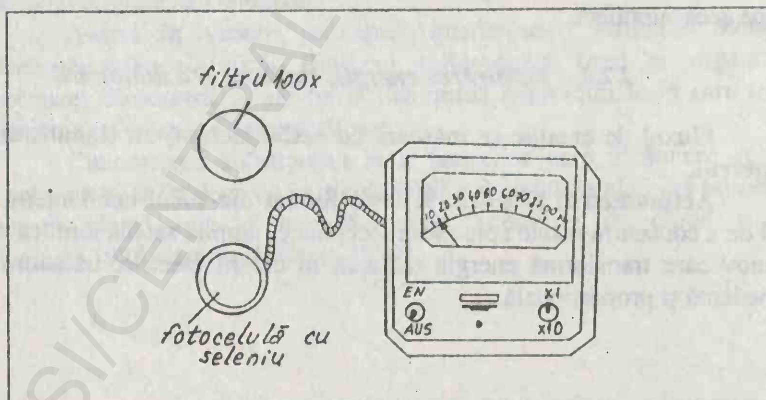


Figura 10. Schema de alcătuire a luxmetrului şi a galvanometrului

2.2.2.1. Determinarea intensității luminii într-un ecosistem terestru

Pentru a caracteriza iluminarea într-un ecosistem terestru (pădure, livadă, pajişte, cultură) trebuie să precizăm media variabilității fenomenului.De exemplu, într-o pădure se fac măsurători în loc deschis, în loc umbrit, în interiorul coronamnetului, în expoziție sudică, în expoziție nordică.Intr-o pajişte se fac determinări la baza erburilor şi în interiorul stratului.Datele se înscriu într-un tabel, cu coloane şi rânduri, ca în exemplul alăturat (**Tabelul 7.**).

Tabelul 7. Determinarea intensității luminii în cuprinsul unui ecosistem terestru

Ecosistemul cercetat	
Anul. Ziua, ora	
Stațiile de observație	
Valorile intensității (în lucşi)	

2.2.2.2. Determinarea preferințelor fotice la unele nevertebrate

Preferințele fotice (preferendum) la insecte se determină cu un aparat cu triplă alegere (lumină, penumbră, întuneric) a cărui schemă este arătată în **Figura 11.**.

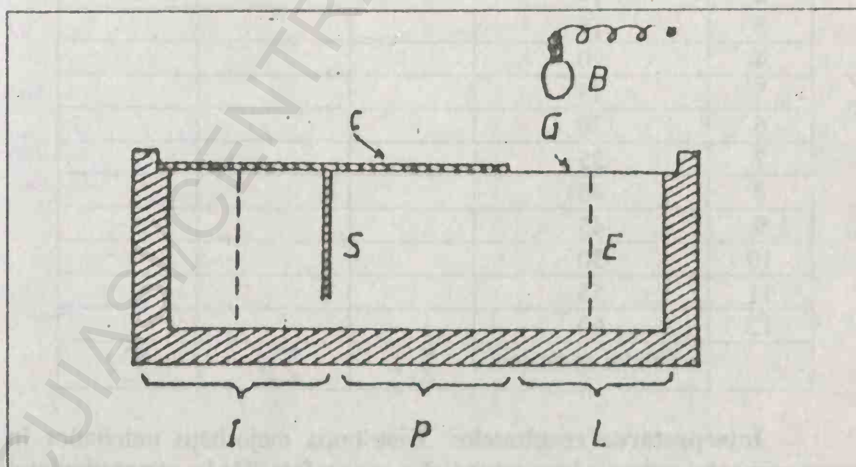


Figura 11. Schema de alcătuire a unui aparat pentru determinarea preferințelor fotice. B = bec (după Neacşu,1987)

Se construieşte o cutie din lemn cu următoarele dimensiuni: lungime 60 cm, lăţime 8 cm, înalţime 8 cm. Partea superioară se acoperă cu o sticlă mobilă (G), ataşată la aparat prin două elastice (E). Cu un carton (C) se acoperă 2/3 din lungime, restul rămîne neacoperit. Un septum incomplet (S) desparte spaţiul din interiorul cutiei în trei compartimente egale ca mărime. Mijlocul spaţiului neacoperit cu carton la înalţimea de 16 cm faţă de aparat se luminează cu un bec (B) de 60 W. Compartimentul L va fi luminat cu o intensitate de cîteva mii de lucşi, compartimentul P (penumbră) va primi între 0- 10 lucşi, iar compartimentul I (întuneric) va fi complet umbrit.

Modul de lucru

Se iau 10 indivizi de ***Forficula auricularia*** (Insecta, Dermaptera) sau ***Pyrrhocoris apterus*** (Insecta, Heteroptera) şi se repartizează uniform în aparat , la începutul experimentului. Timp de o oră, din cinci în cinci minute, se notează numărul de exemplare observate în cele trei compartimente. Datele se trec într-un tabel ca în exemplul alăturat (**Tabelul 8.**).

Tabelul 8. Repartiţia exemplarelor speciei .... în raport de intensitatea luminoasă

Nr.crt	Timpul în minute	Lumină	Penumbră	Intuneric
1	5			
2	10			
3	15			
4	20			
5	25			
6	30			
7	35			
8	40			
9	45			
10	50			
11	55			
12	60			
	Totalul notărilor	$\sum L$	$\sum P$	$\sum I$

Interpretarea rezultatelor. Distribuţia majorităţii indivizilor în compartimentul puternic luminat indică o specie **fotofilă;** în compartimentul

slab luminat o specie **mezofotofilă;** în compartimentul întunecat o specie **fotofobă.**

Lumina are importanţă igienico-sanitară,de aceea sunt norme de iluminat care trebuiesc respectate. In sălile de învăţămînt sunt necesari 200 de lucşi, în camerele de locuit 100 de lucşi. Iluminarea insuficientă pentru citit, scris, produce, cu timpul, oboseală, dureri de cap (cefalee), miopie.Iluminatul artificial cu tuburi fluorescente este economic şi igienic.

Exerciţiu

Se va determina intensitatea luminii în trei puncte diferite din sala de lucrări practice. Se va determina intensitatea luminii în trei puncte diferite din parcul universităţii.

2.4. TEMPERATURA

2.4.1. *Generalități*

Temperatura este un factor ecologic foarte important deoarece procesele biologice se realizează între anumite limite de temperatură. Pentru realizarea ciclului biologic (ou, larvă, pupă, adult), insectele, artropode ectoterme, au nevoie de o cantitate însumată de temperatură, numită constantă termică. De exemplu, constanta termică a omidei de stepă este de 450 °C. Temperatura este "**starea de încălzire a unui sistem fizic**" şi se măsoară în grade Celsius. Căldura este " **starea energiei interne a unui sistem**". Unitatea de măsură este caloria. La corpurile solide, transmiterea căldurii se face prin conductibilitate; la corpurile lichide şi gazoase prin convecție, adică din aproape în aproape.

2.4.2. *Instrumente şi aparate de măsurare şi înregistrare a temperaturii*

Instrumentul de măsurare a temperaturii este termometrul. Principiul de funcționare al termometrelor se bazează pe proprietățile unor corpuri solide, lichide (mercur, alcool, etc) de a-şi modifica uşor volumul în funcţie de variațiile termice.

Cel mai obişnuit instrument este termometrul Celsius (**Figura 12.**). Este alcătuit din: rezervor, tub capilar, scară gradată. Rezervorul din sticlă conține mercur sau alcool colorat. Tubul capilar are diametrul de 0,2-0,3 mm. Unitatea de măsura a temperaturii este gradul. Scara gradată a fost concepută în felul următor: Celsius s-a bazat pe punctul de topire al gheții şi pe punctul de fierbere al apei. Intervalul a fost împărţit în 100 de diviziuni. O diviziune reprezintă un grad. Punctul de topire al gheţii a fost notat cu 0 grade, punctul de fierbere al apei a fost notat cu 100.

In afară de scara Celsius mai există scara Reamur, scara Farenheit, scara Kelvin (scara temperaturilor absolute).Corespondenţa între aceste scări este arătată în **Tabelul 9.**.

Tabelul 9. Corespodențe între scările termometrelor

Nr.crt.	Felul termometrului	Punctul minim	Punctul maxim
1	Celsius	0	100
2	Reamur	0	80
3	Farenheit	32	212
4	Kelvin	-273 (0 absolut)	373

Pentru măsurarea temperaturilor ecologice se folosesc următoarele termometre: **Termometrul Celsius, termometrul de minimă, termometrul de maximă, termometrul Savinov**.

Termometrul Celsius se foloseşte pentru măsurarea temperaturilor obişnuite.(**Figura 12.**)

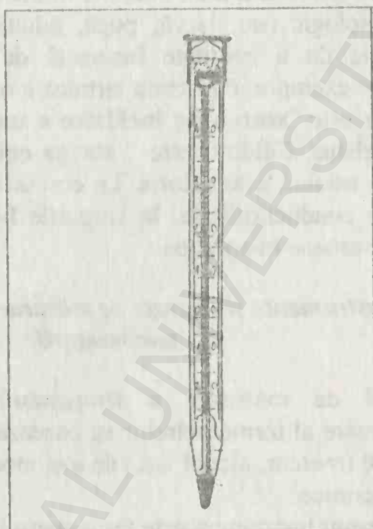


Figura 12. Schema de alcătuire a unui termometru obişnuit

Termometrul de minimă arată temperatura minimă care a fost în timp de 24 de ore.Acest termometru are următoarele particularităţi: Gradaţia scalei are valori între - 50 grade şi + 55 grade.Rezervorul este sub formă de furcă şi conţine alcool etilic.Alcoolul etilic îngheaţă la - 114 grade.In tubul capilar se găseşte un indicator colorat, de 12-14 mm lungime, lăţit la ambele capete (**Figura 13.**).

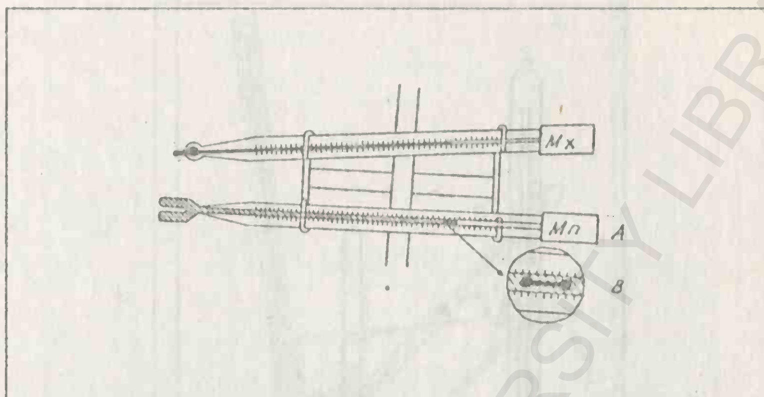


Figura 13. Termometrul de minimă A. (B = indicatorul). Poziția de funcționare a termometrelor de minimă (Mn) și maximă (Mx)

Cum funcționează ?

Când temperatura scade, alcoolul se contractă și antrenează indicatorul spre rezervor. Când temperatura începe să crească , alcoolul se dilată și înaintează în capilar fără să mai antreneze și indicatorul din cauză că forța de frecare este mai mică și rămâne unde l-a adus suprafața coloanei de alcool. Capătul din dreapta al indicatorului va arăta temperatura minimă care a fost, iar meniscul coloanei de alcool va arăta temperatura în momentul citirii, pentru că nivelul meniscului este concordant cu variația temperaturii. Termometrul de minimă se așează în cutia meteorologică în poziție orizontală (**Figura 13.**).

Termometrul de maximă arată temperatura maximă care a fost în 24 de ore. Acest termometru are următoarele particularități: Rezervorul conține mercur. In rezervor se găsește o tijă conică de sticlă (**Figura 14.**).Baza ei este sudată de baza rezervorului.Partea conică a tijei pătrunde la baza tubului capilar, subțiind mercurul în această porțiune.

Cum funcționează?

Cînd temperatura scade, coloana de mercur se contractă și deoarece este mai subțire la baza tubului capilar, aceasta se rupe, izolîndu-se astfel de mercurul din rezervor.Nemaifiind în legătură cu mercurul din rezervor, coloana din capilar rămâne la nivelul în care a fost înainte de scăderea temperaturii.Capătul superior al coloanei de mercur va arăta temperatura maximă care a fost în timp de 24 de ore.

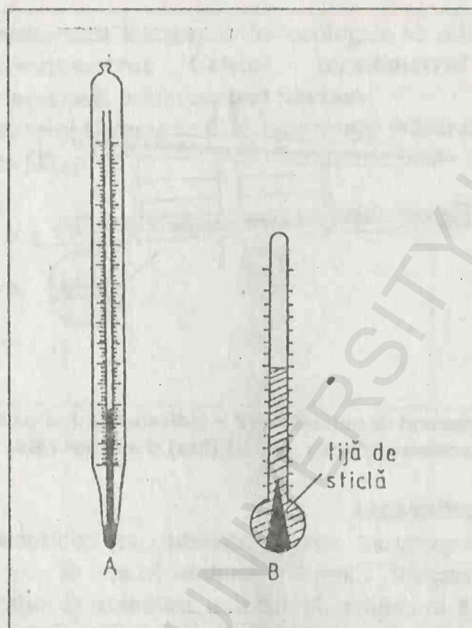


Figura 14. Termometrul de maximă

Inainte de funcţionare, termometrul de maximă se aşează pe un suport special în poziţie orizontală, cu rezervorul uşor înclinat în jos pentru a nu aluneca coloana de mercur în capătul opus.(**Figura 13.**).

Pentru măsurarea temperaturii solului în diferite orizonturi se foloseşte bateria de termometre Savinov. Termometrul Savinov are următoarea particularitate: Tubul termometrului la distanţa de 2 cm faţă de rezervor prezintă un cot, îndoit sub un unghi de 135 de grade. (**Figura 15.**).

Bateria este formată din patru termometre cu tuburile capilare de lungimi variabile.

Măsurarea temperaturii solului se face pe orizonturi şi anume la: 5 cm, 10 cm, 15 cm şi 20 cm. In acest scop, se sapă un şanţ orientat est- vest, adânc de 30 cm.Peretele nordic va fi vertical, cel sudic oblic.In peretele nordic se face câte o scobitură la 5, 10, 15, 20 cm în care se introduce rezervorul unui termometru. Tija fiecărui termometru se sprijină pe un suport cu două braţe (**Figura 15.**). Sanţul se astupă cu pământ.

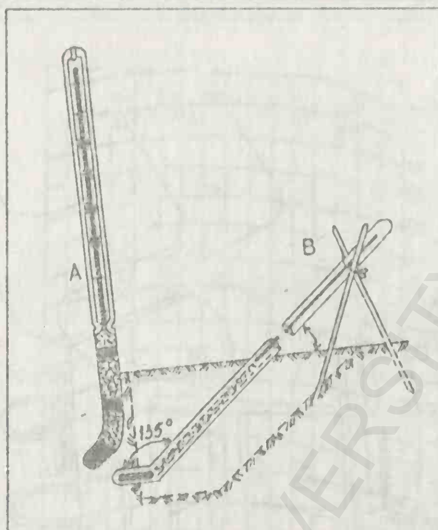


Figura 15. Termometrul de sol şi poziţia de funcţionare

Pentru înregistrarea variaţiilor temperaturii într-o perioadă de o zi sau o săptămână se foloseşte **termograful.**

Termograful este format din trei părţi componente: **partea receptoare, mecanismul de amplificare şi transmitere, partea înregistratoare (Figura 16.).**

Partea receptoare reprezintă două lame metalice cu coeficient de dilatare foarte diferit (fier şi alamă), sudate între ele pe toată lungimea lor şi îndoite în formă de U (**Figura 16.**).

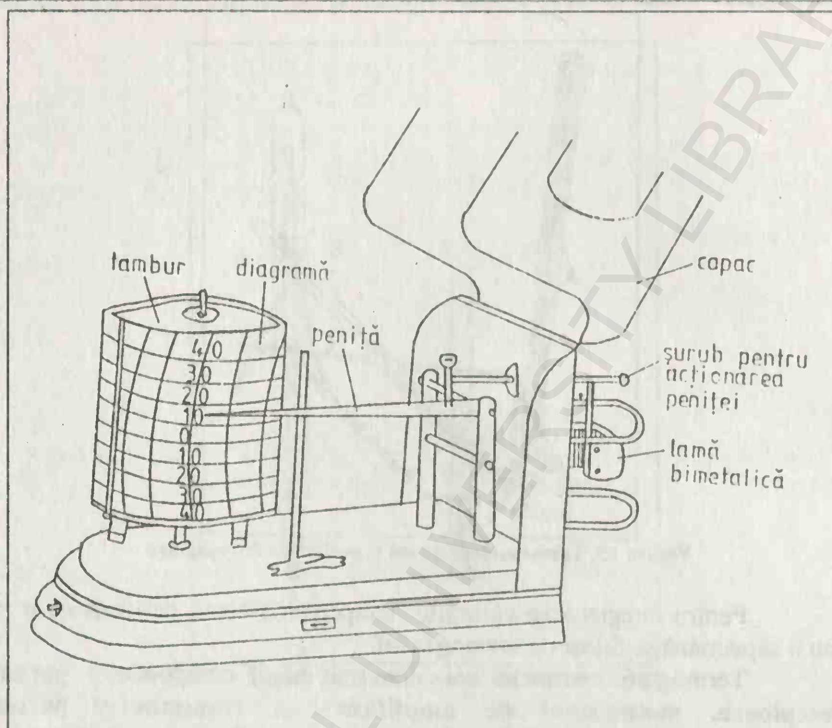


Figura 16. Schema de alcătuire a termografului

Mecanismul de amplificare şi transmitere este format dintr-un sistem de pîrghii, peniţa de înregistrare şi şurubul de punere în funcţie a peniţei. Primul braţ al sistemului de amplificare este articulat la capătul liber al piesei receptoare, ultimul braţ poartă peniţa de înregistrare. Peniţa are formă de cuvă deoarece conţine o cerneală ce nu se usucă.Partea înregistratoare este formată dintr-un tambur cilindric, pus în mişcare de un mecanism de ceasornic.

Hârtia specială pe care se înregistrează variaţia temperaturii se numeşte termogramă. Cei doi parametri, temperatura şi timpul sunt marcaţi prin linii.Liniile orizontale marchează temperatura din 10 în 10 grade C.Limita pozitivă este de plus 40 grade C, limita negativă este de minus 30 grade C.Liniile verticale marchează timpul.In cazul termogramelor pentru o săptămînă, liniile mai subţiri marchează orele , iar cele mai groase, zilele (**Figura 17.**).

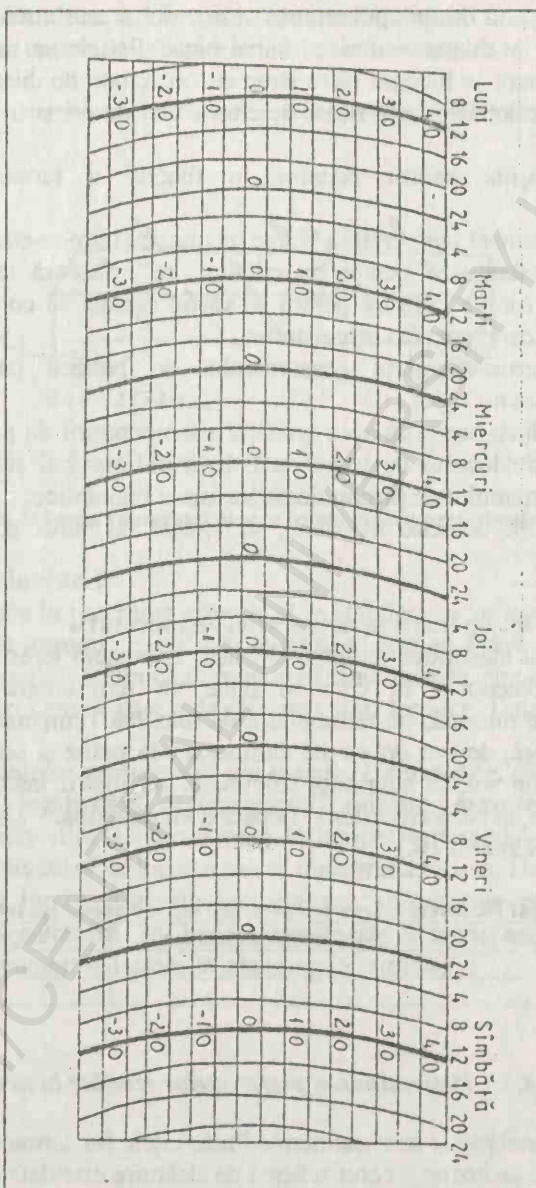


Figura 17. Schema de alcătuire a unei termograme

Principiul de funcţionare al termografului este următorul: Datorită coeficientului de dilatare diferit al lamei bimetalice, lama cu coeficient de dilatare mai mare se îndoaie către lama cu capacitate de dilatare mai mică. Microdeformările sunt amplificate de cîteva zeci de ori şi transmise pentru înregistrare.

Operaţiile pentru punerea în functie a termografului sunt următoarele:

Se măsoară temperatura la faţa locului, cu termometrul ordinar;

Se distanţează peniţa de cilindru, se înfăşoară termograma pe cilindru şi se roteşte cilindru pentru ca vârful peniţei să corespundă exact orei şi zilei în care începem înregistrarea;

Se armează arcul ceasornicului de pornire până la limita suportabilă, fara a-l rupe;

Se aduce peniţa la acea gradaţie a temperaturii de pe termogramă, corespunzătoare locului de experienţă, învîrtind şurubul situat la capătul posterior al sistemului de pîrghii deasupra lamei bimetalice;

Se pune cerneala în peniţă, se notează un punct şi se dă drumul ceasornicului.

Tehnica de lucru în măsurarea temperaturii

Pentru măsurarea temperaturii unui ecosistem terestru se alege un staţionar reprezentativ în care se pune un termometru obişnuit, un termometru de minimă, un termometru de maximă.Temperatura aerului se citeşte la umbră, de trei ori pe zi: dimineaţa , la prânz şi seara.Se notează temperatura din sol, la suprafaţa solului, la un metru înălţime, peste un metru înălţime, la baza erburilor şi în partea lor superioară. Datele se înscriu într-un tabel (**Tabelul 10.**).

Tabelul 10. Inregistrarea temperaturii într-un ecosistem terestru

Ecosistemul cercetat	Data,ora,ziua,luna,anul	Temperatura

2.4.3. Determinarea preferinţelor termice la nevertebrate

Nevertebratele sunt ectoterme.Preferinţele lor termice se determină în laborator cu un aparat a cărui schemă de alcătuire este dată în **Figura 18.**.

Aparatul este construit dintr-o cutie metalică având următoarele dimensiuni: 60 cm lungime, 10 cm. lăţime, 10 cm. înălţime.Partea de deasupra se acoperă cu o placă din sticlă.La un capăt se află un bec de 25 -

40 W, iar la celălalt capăt un vas cu gheață. De o parte si de alta a fiecărui perete sunt câte trei orificii în care se introduc termometre.

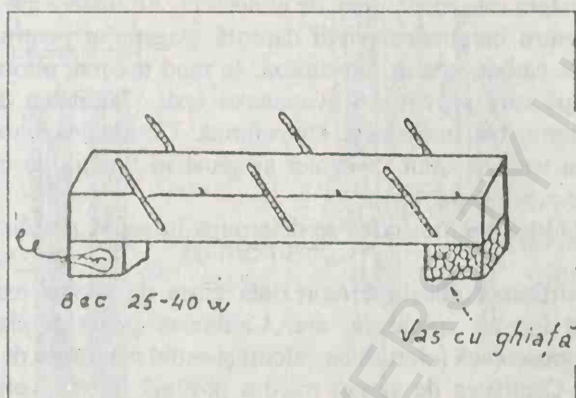


Figura 18. Schema aparatului pentru înregistrarea preferințelor termice

Cum lucrăm?

Se pune în funcțiune aparatul și se stabilește o variație termică între 10 și 60 °C. Se introduc 10 indivizi aparținând speciei ***Pyrrhocoris apterus***. (Insecta, Heteroptera). Din cinci minute în cinci minute, se notează numărul total de indivizi care se găsesc la diferite valori termice. Datele se trec într-un tabel.

Insectele se grupeaza în trei categorii: **termofile,** când majoritatea indivizilor se localizează la tempearturi ridicate: **mezotermofile**, când majoritatea indivizilor se localizează la temperaturi medii, **criofile**, când majoritatea indivizilor se localizează la temperaturi joase. Dacă indivizii se localizează în limite largi ale temperaturii, specia este euritermă, dacă indivizii se localizează în limite înguste de temperatură, specia este stenotermă (stenotermă termofilă, stenotermă criofilă).

2.5. UMIDITATEA AERULUI

Biosfera este înconjurată de atmosferă. Atmosfera are o importanţă deosebită pentru întreţinerea vieţii datorită oxigenului pentru respiraţie şi dioxidului de carbon pentru fotosinteză. In mod normal, atmosfera conţine vapori de apă care provin din evaporarea apei. Cantitatea de vapori din atmosferă reprezintă umiditatea atmosferică. Umiditatea atmosferică este variabilă. Ea variază zilnic, sezonier şi anual în funcţie de climat, sezon, cantitatea de precipitaţii.

Umiditatea atmosferică se determină în valori absolute şi în valori relative.

Umiditatea absolută reprezintă masa de vapori existentă la un moment dat într-un volum de aer. Cantitatea poate fi absorbită cu o substanţă higroscopică (clorură de calciu) şi astfel cantitatea de vapori poate fi cântărită. Cantitatea de vapori maxim posibilă într-un volum de aer la temperatura dată reprezintă **umiditatea absolută maximă**.

Raportul între umiditatea absolută maximă şi umiditatea absolută este **umiditatea relativă**. Umiditatea relativă se exprimă în procente, arătând gradul de saturare în vapori de apă. De exemplu, 78 % umiditate relativă înseamnă umiditatea absolută, plus diferenţa pâna la umiditatea absolută maximă (saturaţie de 100 %).

Umiditatea relativă se determină cu ajutorul psihrometrului Asmann.

Psihrometrul aspirator Asmann este alcătuit din două termometre identice şi un ventilator (**Figura 19.**). Termometrele sunt montate în câte un tub metalic, care reflectă radiaţiile calorice. Un termometru este uscat, al doilea termometru este umed deoarece rezervorul său va fi înconjurat de un tifon umectat cu apă distilată.Rezervoarele termometrelor se găses în câte un tub de aspiraţie. Ventilatorul se găseşte la partea superioară şi este pus în mişcare de un arc sau un electromotor. Ventilatorul aspiră aerul cu o viteză de circa 2,5 m/sec.

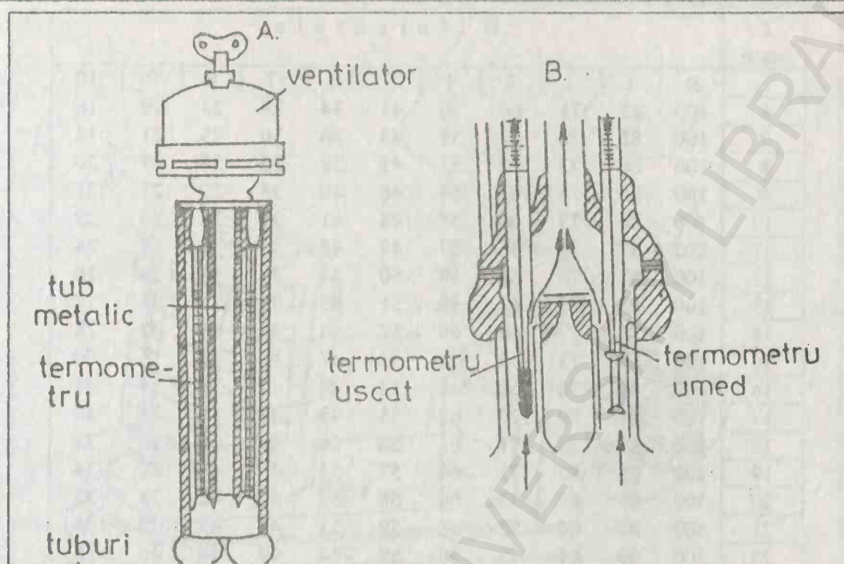


Figura 19. Schema de alcătuire a psihrometrului aspirator Asmann. A = vedere de ansamblu; B = detaliu

Pentru determinarea umidității, psihrometrul se menține în funcție, timp de cinci minute.

Principiul de funcționare este următorul: datorită curentului de aer creat, apa de pe rezervorul termometrului umed se va evapora. Procesul de evaporare este invers proporțional cu umiditatea aerului. Aer cu umiditate mare, evaporare mică; aer cu umiditate scăzută, evaporare mare. Dar evaporarea consumă căldură. Consumul de căldură scade temperatura de pe termometrul umed, rezultând o diferență de temperatură între cele două termometre, numită **diferență psihrometrică**.

Umiditatea relativă se citește direct în tabelul psihrometric. **Tabelul 11.**.

Tabelul 11. Tabel psihrometric de determinare a umidității relative a aerului

T. umed	Diferențele										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	79	61	46	34	23	16	14	9	5	2
2	100	82	66	53	42	33	26	20	14	10	7
3	100	83	68	55	44	35	28	22	17	13	10
1	100	81	65	52	40	31	23	17	12	8	4
4	100	83	69	57	46	37	30	24	19	15	12
5	100	84	70	58	48	39	32	26	21	17	114

T. umed	Diferenţele										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	100	85	71	60	50	41	34	28	23	19	16
7	100	85	72	61	51	43	36	30	25	21	18
8	100	86	73	62	53	45	38	32	27	23	20
9	100	86	74	63	54	46	40	34	29	25	21
10	100	86	75	64	55	48	41	35	31	26	23
11	100	87	75	65	57	49	42	37	32	28	24
12	100	87	76	66	58	50	44	38	33	29	26
13	100	88	77	67	59	51	45	40	35	31	27
14	100	89	77	68	60	52	46	41	36	32	28
15	100	88	78	69	61	53	47	42	37	33	70
16	100	89	78	69	61	53	48	43	38	34	31
17	100	89	79	70	62	55	49	44	39	35	32
18	100	89	79	71	63	56	50	45	40	36	33
19	100	89	80	71	64	57	51	45	41	37	34
20	100	89	80	72	64	58	52	47	42	38	35
21	100	90	81	72	65	59	53	48	43	39	35
22	100	90	81	73	66	59	54	49	44	40	36
23	100	90	81	73	66	60	54	49	45	41	37
24	100	90	82	74	67	60	55	50	45	41	38
25	100	91	82	74	67	61	56	51	46	42	38
26	100	91	82	75	68	61	56	51	47	43	39
27	100	91	83	75	68	62	57	52	47	43	40
28	100	91	83	76	69	63	57	52	48	44	40

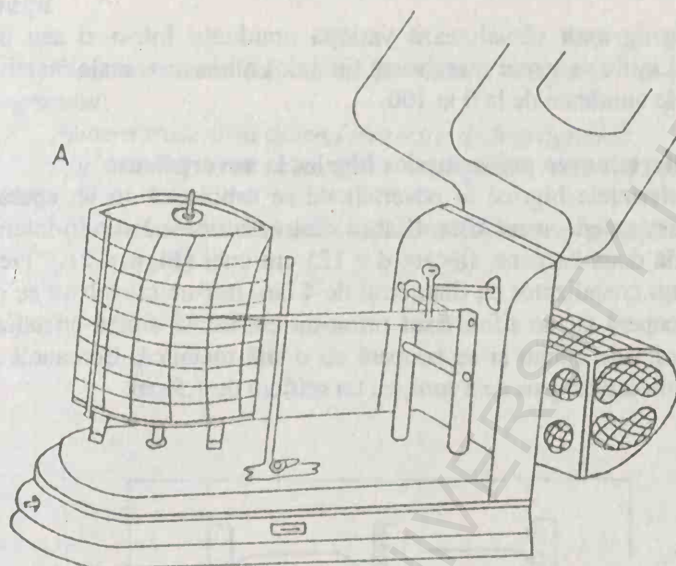
Cum citim?

Dacă termometrul uscat indică 21 de grade, iar cel umed 18 grade, umiditatea relativă va fi de 71 %. Diferenţa între termometrul normal şi cel umed este de trei grade. Din dreptul temperaturii de 18 grade (la termometrul umed) merg în linie dreaptă până în dreptul diferenţei de trei grade pe verticala şi citim cifra 71.

In practică se mai foloseşte şi psihrometrul Asmann praştie.

Inregistrarea variaţiei umidităţii relative într-o săptămînă se face cu ajutorul higrografului.

Higrograful este alcătuit din partea receptoare, mecanismul de amplificare şi transmitere, partea de înregistrare. Specific pentru higrograf este partea receptoare şi higrograma. Partea receptoare este alcătuită dintr-un fascicul de fire de păr de coadă de cal, fixat la ambele capete de garnituri metalice. Mecanismul de amplificare şi transmitere se fixează de mijlocul fasciculului de fire de păr (**Figura 20.**).



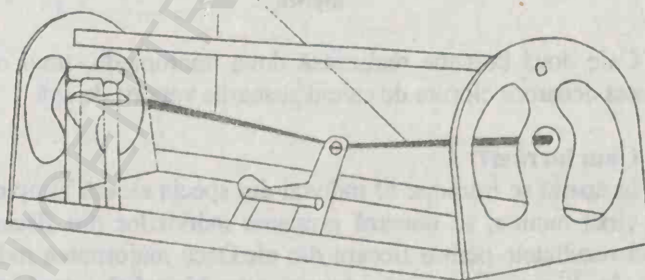


Figura 20. Schema de alcătuire a higrografului.
A = vedere de ansamblu; B = partea receptoare

Higrograma vizualizează variaţia umidităţii într-o zi sau într-o săptămînă. Liniile verticale marchează timpul. Liniile orizontale marchează procentele de umiditate de la 0 la 100.

Determinarea preferinţelor higrice la nevertebrate

Preferinţele higrice la nevertebrate se estimează cu un aparat cu dublă alegere: umed , uscat.Este alcătuit dintr-o cutie de lemn în interiorul căruia se află două borcane, fiecare d e 125 cm cubi (**Figura 21.**). Fiecare borcan are un cristalizator cu diametrul de 4 cm. Intr-un cristalizor se pune apă şi se acoperă cu un tifon fixat printr-un elastic.Al doilea cristalizator conţine clorură de calciu şi se acoperă cu o sită metalică. Borcanele sunt separate de un carton gros de 5 mm, cu un orificiu de 1,5 cm.

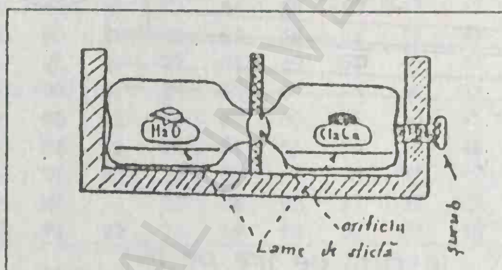


Figura 21. Schema de alcătuire a unui aparat pentru înregistrarea preferinţelor higrice

Cele două borcane realizează două micromedii: unul umed şi al doilea uscat deoarece clorura de calciu absoarbe vaporii de apă.

Cum lucrăm?

In aparat se introduc 10 indivizi din specia aleasă.Timp de oră, din cinci în cinci minute, se notează gruparea indivizilor din fiecare borcan, totalizînd rezultatele pentru fiecare din ele.Dacă majoritatea indivizilor se grupează în borcanul cu apă, specia este **higrofilă**; dacă majoritatea indivizilor se grupează în borcanul uscat, specia este **xerofilă**. Dacă indivizii se grupează în mod egal în cele două borcane, specia este **mezohigrofilă**

Exerciţii

Fiecare student trebuie să ştie modul de punere în funcţiune a higrografului;

Fiecare student va desena un sector de higrogramă;

Doi studenţi vor determina umiditatea relativă din sala de laborator;

Se va determina umiditatea relativă din exteriorul clădirii.

2.6. CONSTRUIREA CLIMATOGRAMELOR ŞI BIOCLIMATOGRAMELOR

Factorii ecologici se influenează reciproc. Cantitatea de radiaţii determină temperatura, temperatura este influenţată de umiditate, de curenţii de aer. Factorii climatici influenţează activitatea organismelor ectoterme: eclozarea larvelor de insecte, hrănirea lor, durata de dezvoltare, durata de apariţie a adulţilor, depunerea pontelor.

Pentru a corela evenimentele fenologice ale organismelor cu particularităţile climatului local, în care un rol deosebit îl are temperatura şi umiditatea, construim bioclimatograme.

Pentru a aprecia influenţa temperaturii şi umidităţii se lucrează cu valori medii zilnice, lunare, sezoniere, anuale. Media zilnică este media aritmetică a celor trei măsuratori: la ora 7 dimineaţa, la orele 13 şi la orele 19. Media lunară este media aritmetică a mediilor zilnice dintr-o lună.etc.

Inscrierea variaţiei temperaturii pe un grafic poartă numele de **termogramă**; înscrierea variaţiei precipitaţiilor pe un grafic se numeşte **higrogramă**. Inscrierea concomitentă a variaţiei temperaturii şi preciptaţiilor pe un grafic se numeşte **climatogramă**.

Cele mai frecvente modele sunt: model **Bremer** şi model **Bool şi Cook**.

Modelul Bremer (Figura 22.) are două ordonate şi o abscisă. Cele două ordonate trebuie să aibă aceeaşi înălţime. Pe ordonată din stânga se înscriu valorile temperaturii: cele pozitive deasupra abscisei, cele negative sub abscisă. Valorile precipitaţiilor se înscriu pe ordonata din dreapta. Pe abscisă se notează timpul în luni. Atât la temperatură cât şi la precipitaţii se operează cu valori medii lunare.

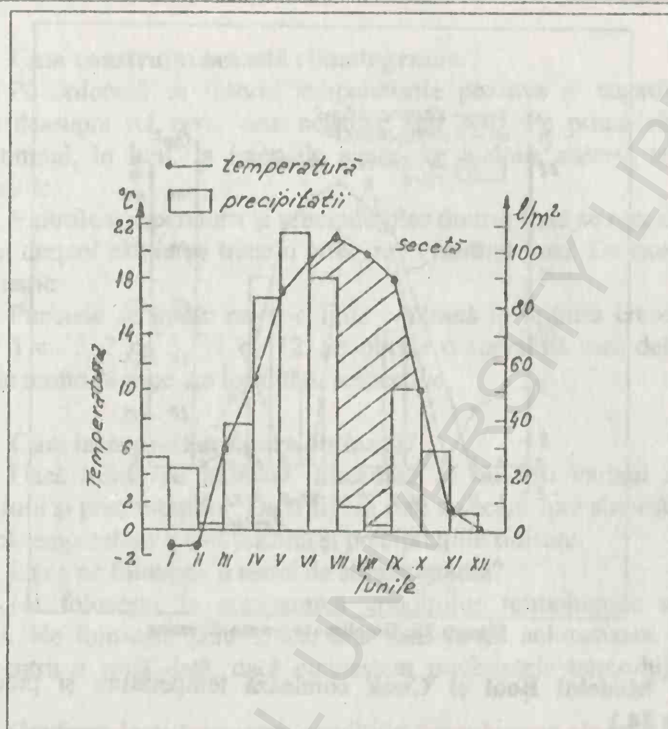


Figura 22. Climatograma model Bremer

Cum lucrăm?

Se trasează abscisa, notând lunile la intervale egale. Ordonata din dreapta şi cea din stânga trebuie să fie la aceeaşi înălţime. Pe ordonata din stănga trecem valoarea maximă a temperaturii, pe ordonata din dreapta trecem valoarea maximă a precipitaţiilor. Ordonatele se împart în unităţi egale, dar nu la aceeaşi înălţime. Valorile medii ale temperaturii se înscriu prin puncte în dreptul diviziunilor de pe ordonată. Unirea punctelor printr-o linie continuă ne arată variaţia temeperaturii într-un an.

Valorile precipitaţiilor se înscriu prin histograme la înălţimea corespunzătoare de pe ordonată din dreapta.

Climatograma Bremer permite evidenţierea perioadei de secetă.

Introducînd în climatograma Bremer, dinamica capturării unor nevertebrate sau micromamifere obţinem o **bioclimatogramă (Figura 23.)**. In construirea bioclimatogramei, variaţia temperaturii se înscrie prin linie continuă, variaţia precipitaţiilor printr-o linie întreruptă, iar variaţia dinamicii prin **histograme**.

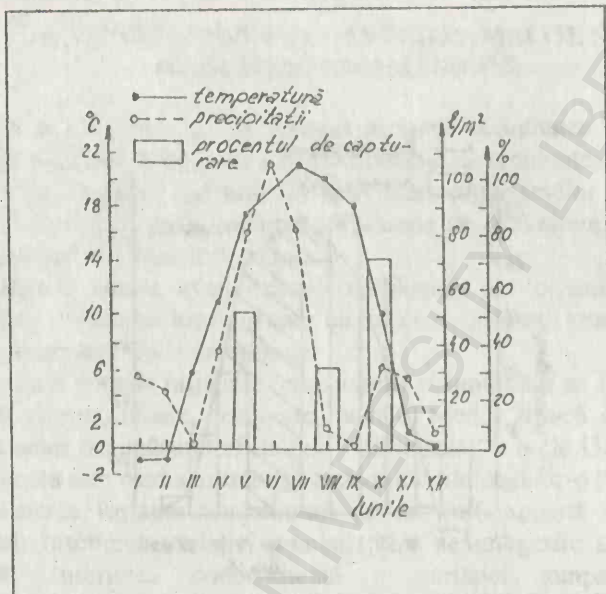


Figura 23. Bioclimatograma Bremer

Modelul Bool şi Cook corelează temperatura şi precipitaţiile **(Figura 24.)**.

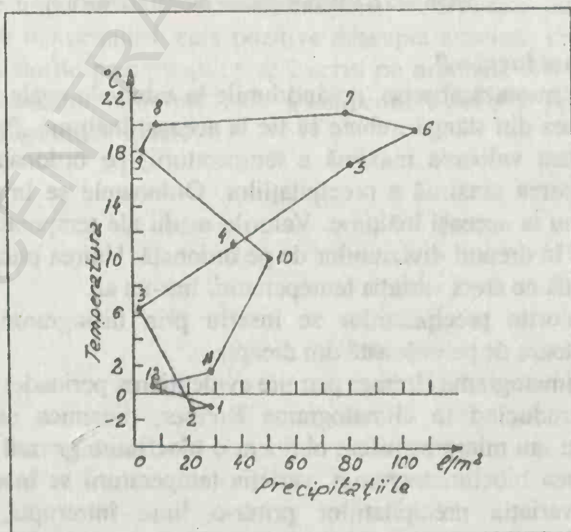


Figura 24. Climatograma model Bool şi Cook

Cum construim această climatograma ?

Pe ordonată se înscriu temperaturile pozitive şi negative. Cele pozitive deasupra lui zero, cele negative sub zero. Pe prima abscisă se înscrie timpul, în luni, la intervale egale. Pe a doua abscisă se înscriu precipitaţiile.

Valorile temperaturii şi precipitaţiilor dintr-o lună se notează cu un punct, în dreptul căreia se trece o cifră, reprezentînd luna. De exemplu, 1, luna ianuarie.

Punctele se unesc printr-o linie continuă în ordinea crescătoare a lunilior: 1 cu 2, 2 cu 3, 11 cu 12. Se obţine o suprafaţă care delimitează condiţiile termo-higrice ale localităţii respective.

Cum interpretăm figura obţinută?

Dacă liniile se întretaie, înseamnă că au fost variaţii mari ale temperaturii şi precipitaţiilor. Dacă figura este aplecată spre abscisă, aceasta denotă că temperatura a fost scăzută şi precipitaţiile ridicate.

La ce ne foloseşte o astfel de climatograma?

Ne foloseşte la compararea condiţiilor termohigrice ale unor localităţi. Ne foloseşte pentru a estima şansele de aclimatizare ale unei specii pentru o zonă dată, dacă cunoaştem preferinţele termo-higrice ale speciei.

Conform legii toleranţei, condiţiile termohigrice ale unei specii se pot grupa în trei zone. O zonă optimă, o zonă intermediară şi o zonă nefavorabilă. Aceste zone sunt schematizate în **Figura 25.**.

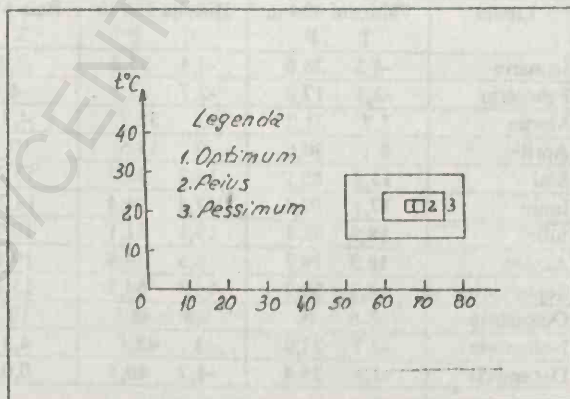


Figura 25. Condiţiile termohigrice ale dezvoltării larvelor speciei *Bombyx mori*

Exerciţii

Fiecare student va construi climatograma Bremer pentru oraşul Iaşi, după datele din Tabelul 12., 13., 14..???

Tabelul 12. Valorile temperaturii şi precipitaţiilor pentru Oraşul Iaşi, Altitudine 104

Nr.crt	Lunile	Temperaturi medii	Precipitaţii
1	Ianuarie	3,6	28,9
2	Februarie	1,9	27,4
3	Martie	3,3	28,1
4	Aprilie	10,1	40,3
5	Mai	16,1	52,5
6	Iunie	19,4	75,1
7	Iulie	21,3	69,2
8	August	20,6	57,6
9	Septembrie	16,3	40,8
10	Octombrie	10,1	34,4
11	Noiembrie	4,1	34,6
12	Decembrie	-0,8	28,9

Tabelul 13. Valorile temperaturii si precipitaţiilor în trei localităţi

Nr.crt	Lunile	Fălticeni 324 m		Bistriţa 358 m		Baia Mare 190 m	
		T	P	T	P	T	P
1	Ianuarie	-4,3	28,6	-4,4	35,2	-2,4	70,7
2	Februarie	-3,1	17,8	-2,7	37,3	-0,9	65
3	Martie	1,7	31,2	3	35,7	4,2	61,7
4	Aprilie	8,1	50,6	9	55,6	10,1	78,3
5	Mai	13,7	85,9	14,3	74,7	15,2	90,5
6	Iunie	17,1	92,6	17,4	94,4	18,2	111,2
7	Iulie	18,9	92,4	19,1	81,1	19,9	92,6
8	August	18,3	79,7	18,5	74,8	19,1	89,1
9	Septembrie	14,3	58,9	14,3	54,5	15,1	76,9
10	Octombrie	8,6	48	8,8	48,5	10	84,4
11	Noiembrie	-2,7	23,9	3	48,1	4,3	76,8
12	Decembrie	-1,8	25,4	-1,7	40,1	0,0	78,8

Tabelul 14. Temperaturile medii şi suma precipitaţiilor în localitatea Dobrovăţ, 1975

Nr.crt	Lunile	Temperatura	Precipitaţiile
1	Ianuarie	-1,1	27,1
2	Februarie	-1,0	22,5
3	Martie	6,2	1,3
4	Aprilie	11,0	38,6
5	Mai	17,7	83,6
6	Iunie	19,9	106,6
7	Iulie	21,3	80,1
8	August	20,4	9,7
9	Septembrie	18,2	2,2
10	Octombrie	10,0	51,2
11	Noiembrie	1,6	29,3
12	Decembrie	0,3	7,6

2.7. PRESIUNEA ATMOSFERICA

2.7.1. Generalităţi

Presiunea atmosferica este forţa de apăsare a atmosferei pe unitate de suprafaţă. Unitatea de măsură este atmosfera.

Atmosfera reprezintă forţa de apăsare a unei coloane de 760 mm Hg pe un cm^2 la 0 m altitudine.

Presiunea atmosferică prezintă două feluri de variaţii: variaţii în spaţiu şi variaţii în timp. Variaţiile în spaţiu sunt pe latitudine şi pe altitudine. Variaţiile în timp sunt periodice şi neperiodice.

Variaţiile pe latitudine sunt cauzate de încălzirea inegală a aerului. La valori mari ale temperaturii, valorile presiunii atmosferice sunt mai mici deoarece aerul se dilată şi densitatea scade. La valori scăzute ale temperaturii, valorile presiunii atmosferice sunt mai mari

Variaţiile pe altitudine sunt cele mai accentuate deoarerce, odată cu altitudinea, descreşte densitatea aerului.

Variaţiile periodice diurne se evidenţiază prin minime şi maxime , în timp de 24 de ore.

Astfel, în 24 de ore există două minime şi două maxime:

Felul presiunii	4	10	16	22 h
Minimă	-		-	
Maximă		+		+

Cauzele acestor variaţii sunt variaţia temperaturii, cuplată cu atracţia lunii şi a soarelui.In zonele tropicale şi subtropicale, minimele şi maximele sunt mai evidente, unde şi atracţia lunii ş a soarelui sunt mai puternice.

Variaţiile neperiodice sunt întâmplătoare.

Depresiunile atmosferice se numesc **cicloni**.

Zonele cu presiune atmosferică mai ridicată se numesc **anticicloni.** Interacţiunile dintre aceste zone determină starea vremii.

2.7.2. Instrumente şi aparate de măsurarea şi înregistrarea presiunii atmosferice

Determinarea valorii presiunii atmosferice se realizează cu **barometrul**, iar înregistrarea variaţiei presiunii atmosferice se realizează cu **barograful**

Barometrul metalic este format din capsula vidi, din pârghii ce transmit variațiile și un ac indicator ce oscilează pe un cadran gradat în mm Hg (**Figura 26.**).

Figura 26. Schema de alcătuire a unui barometru

Partea receptoare a barografului este formată dintr-o coloană de capsule fără aer în interior **Figura 27.**.

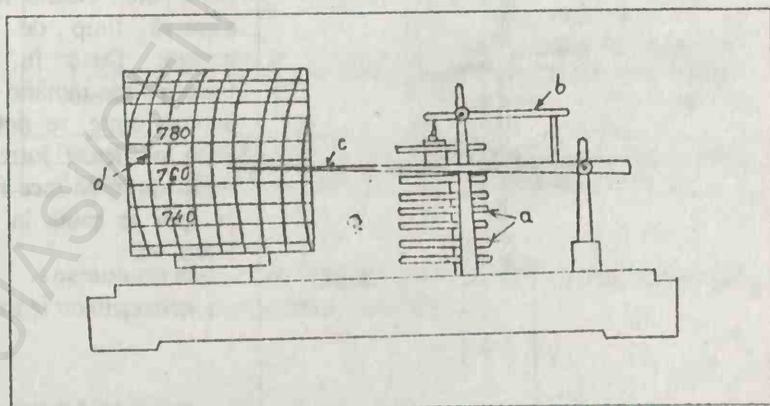


Figura 27. Schema de alcătuire aunui barograf

2.8. CURENŢII DE AER

2.8.1. *Generalităţi*

Curenţii de aer sau vântul reprezintă deplasarea coloanelor de aer din zone mai reci (cu presiune atmosferică mai ridicată) spre zone mai calde (cu presiune atmosferică mai scăzută).

Caracterizarea vântului se face prin trei parametri: Direcţia, viteza, intensitatea.

Direcţia reprezintă punctul cardinal de unde bate vântul.

Viteza este dată de produsul dintre spaţiul parcurs şi intervalul de timp. Se exprimă în m pe secundă sau km pe oră.

Intensitatea (tăria) este forţa de apăsare pe unitate de suprafaţă

2.8.2. *Determinarea caracteristicelor vântului*

Direcţia şi intensitatea se determină cu girueta Wyld, iar viteza cu anemometrul.

Girueta Wyld (Figura 28.) este alcătuită dintr-o paletă ce indică direcţia şi dintr-un dispozitiv ce măsoară intensitatea. Dispozitivul este format din 8 dinţi, dispuşi pe un arc şi o paletă ce oscilează pe acest arc. Oscilaţiile se observă timp de două minute. Dacă în acest timp, paleta rămâne la un anumit dinte, se notează; dacă oscilează între mai mulţi dinţi, se face media şi apoi se caută în scara Beaufort.

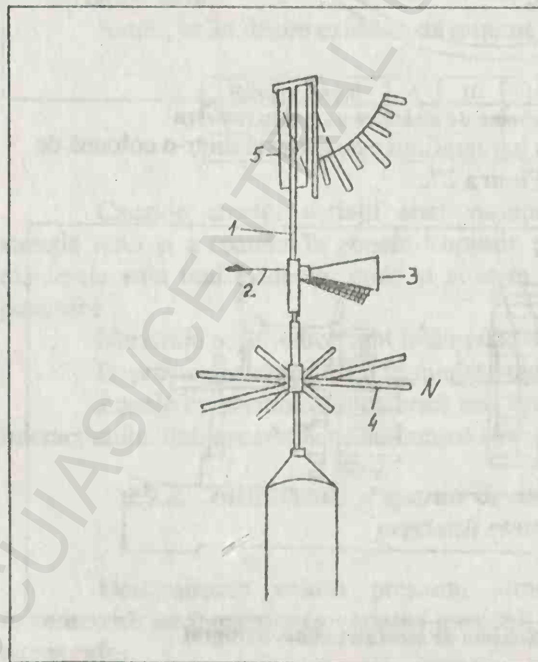


Figura 28. Schema de alcătuire a giruetei Wyld

Estimarea intensității vântului se mai poate face și în funcție de efectele mecanice produse asupra obiectelor la suprafața pământului, folosind scara Beaufort (**Tabelul 15.**).

Tabelul 15. Efectele vântului după scara Beaufort

Grade	Aprecierea vântului	Viteza m pe sec	Viteza km pe oră	Efectele vântului
0	Calm	0,0-0,5	0,1-1,0	Liniște completă.Fumul se ridică vertical
1	Aproape liniștit	0,6-1,7	2,0-6,0	Fumul este purtat de vânt;vântul nu acționează girueta
2	Vânt puțin	1,8-3,3	7,0-12,0	Frunzele foșnesc;se simte pe față și acționează girueta.
3	Vânt slab	3,4–5,2	13,0-18,0	Frunzele și crenguțele arborilor sunt în mișcare; vântul încrețește suprafața apelorstătătoare
4	Vânt potrivit	5,3-7,4	19,0-26,0	Ridică praful și bucățile de hîrtie.
5	Vânt tăricel	7,5-9,8	27,0-35,0	Copacii mici se balasează; formează valuri cu creastă pe suprafața apelor stătătoare.
6	Vânt destul de tare	9,9-12,4	36,0-44,0	Agită crengile mari, sârmele de telegraf șueră;valurile au din loc în loc spume pe creste
7	Vânt tare	12,5-15,2	45,0-54,0	Agită copacii mari, se înaintează greu împotriva vântului;majoritatea valurilor au spumă.
8	Vânt puternic	15,3-18,2	55,0-65,0	Rupe crengi;în general nu se poate înainta împotriva vântului
9	Furtună	18,3-21,5	66,0-77,0	Provoacă ușoare avarii construcțiilor(dărâmă hornuri,deplasează olane etc)
10	Vijelie puternic	21,6-25,1	78,0-90,0	Provocă avarii considerabile construcțiilor; smulge copacii din rădăcini
11	Tempestă	25,2-29,0	91,0-104,0	Produce distrugeri pe scară mare.
12	Uragan	Peste 29	Peste 104	Calamitate naturală.

Anemometrul cu cupe (**Figura 29.**) este format dintr-un dispozitiv receptor și un dispozitiv pentru măsurarea timpului.

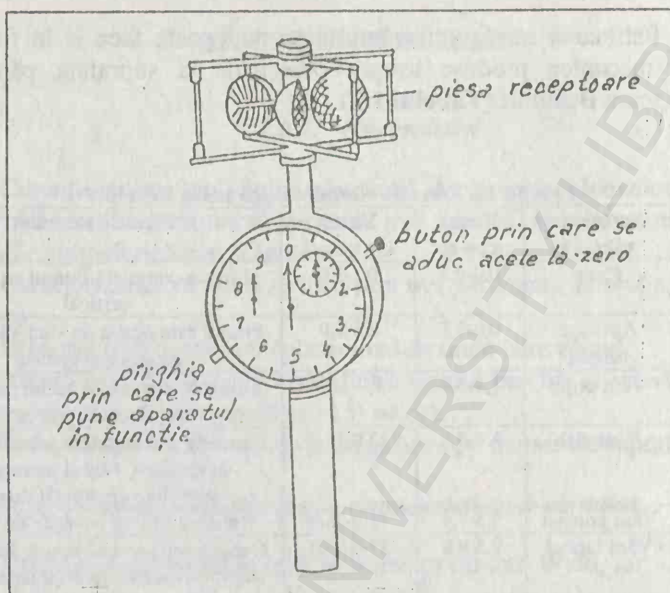


Figura 29. Anemometrul cu cupe

Dispozitivul receptor este format din 3-4 cupe hemisferice, legate la un manșon de oțel ce se poate roti în jurul unui ax vertical. La partea inferioară, axul vertical este cuplat cu contorul. Contorul pune în mişcare două ace indicatoare: unul mare pe cadranul mare al cutiei şi unul mic pe cadranul mic al cutiei. Cadranul mare are gradații de la 0 la 100 ce corespund la 100 m parcurşi de vînt. Cadranul mic are gradații de la 0 la 10. La o rotație completă a acului mare pana în dreptul diviziunii 100, acul mic se găseşte în dreptul diviziunii 1. Cutia de protecție are o pîrghie care pune în funcție aparatul şi un buton pentru aducerea indicatoarelor la poziția 0.

Cum determinăm viteza vântului?

Se aduc indicatoarele în poziția 0. Ridicăm anemometrul în bătaia vîntului, declanşăm contorul şi cronometrăm timpul de observare. Numărul diviziunilor parcurse de acul mare se împarte la numărul secundelor şi se obține viteza vântului în m pe secundă.

Exerciții

Fiecare student va observa alcătuirea giruetei și a anemometrului.
Se va determina viteza vîntului cu anemometrul.
Fiecare student va estima viteza vântului, utilizând scara Beaufort.

2.9. CONSTRUIREA BIORITMOGRAMEI LA OM

Bioritmul este activitatea cu caracter periodic din lumea vie. Existența bioritmurilor este determinată de condițiile mediului extern și reprezintă reacția adaptativă a organismelor.

In general, în bioritmul unui organism se disting două componente: una ereditară și una dobândită, învățată. Componenta ereditară funcționează din primele zile ale vieții. (ritmul cardiac). Componenta învățată exprimă răspunsul la repetarea alternanței stimulilor.

Desfășurarea unui bioritm se poate asemăna cu o oscilație armonică la care deosebim: perioada, amplitudinea, faza, frecvența (**Figura 30.**).

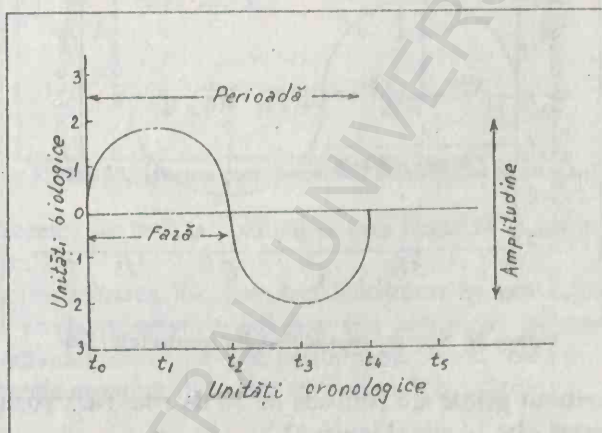


Figura 30. Reprezentarea unei oscilații armonice și a elementelor componente

Perioada reprezintă timpul în care se realizează o oscilație completă.Perioada se compune dintr-o oscilație pozitivă și o oscilație negativă.

Amplitudinea (intensitatea) reprezintă variația oscilației de o parte și de alta a nivelului mediu.

Faza este durata unei oscilații.

Frecvența reprezintă numărul de perioade pe unitate de timp.

In funcție de frecvență, bioritmurile sunt: cu frecvență înaltă, cu frecvență mijlocie, cu frecvență joasă.

Bioritmurile cu **frecvență înaltă** sau perioadă scurtă se produc la intervale foarte mici de timp, secunde sau minute. De exemplu, ritmul cardiac, influxul nervos.

Bioritmurile cu **frecvenţă mijlocie** se realizează în 24 de ore. Funcţiile organismului se încadrează în aceste bioritmuri.

Bioritmurile cu **frecvenţă mijlocie** se realizează la intervale de la 7 la 365 zile sau multianual, 4, 7, 9-11 ani.

Prin observaţii statistice la om s-au pus în evidenţă trei bioritmuri cu frecvenţă joasă. Bioritm fizic, bioritm psihic, bioritm intelectual.

Bioritmul fizic are perioada de 23 de zile. Faza pozitivă durează 11,5 zile, faza negativă, de asemenea (**Figura 31.**).

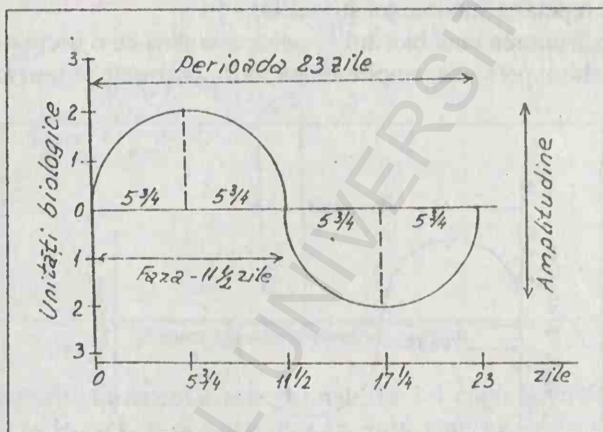


Figura 31. Schema componentelor bioritmului fizic

Bioritmul psihic are perioada de 28 de zile. Faza pozitivă şi faza negativă durează câte 14 zile (**Figura 32.**).

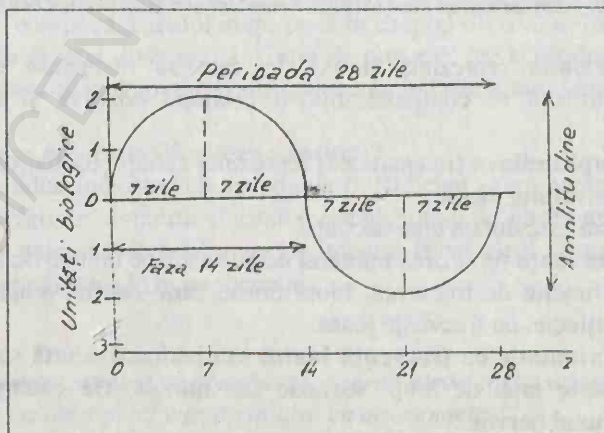


Figura 32. Schema componentelor bioritmului psihic

Bioritmul intelectual are perioada de 33 zile. Faza pozitivă şi faza negativă durează, fiecare câte 16,5 zile (**Figura 33.**).

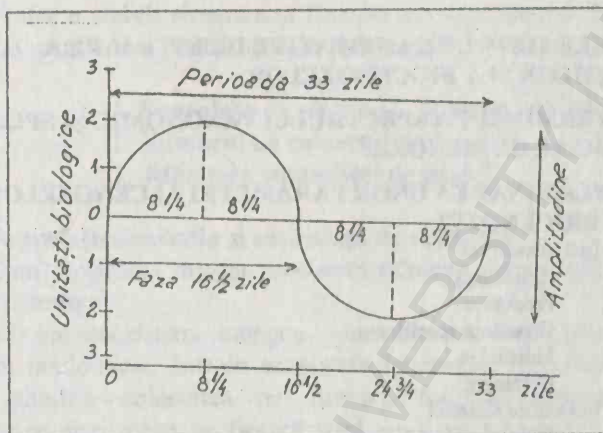


Figura 33. Schema componentelor bioritmului intelectual

Trecerea de la faza pozitivă la faza negativă şi invers se numeşte **punct critic.**

In desfăşurarea lor, cele trei bioritmuri îşi pot suprapune fazele pozitive şi fazele negative. Când cele trei bioritmuri îşi suprapun fazele pozitive, individul este capabil de performanţe. Când cele trei bioritmuri îşi suprapun fazele negative, individul are riscuri de accidente.

Exerciţiu:

În ce fază se află astăzi bioritmurile dumneavoastră?

Reprezentaţi graficele bioritmurilor fizic psihic şi intelectual şi precizaţi în ceva fază vor fi bioritmurile dumneavoastră peste o săptămână.

CAPITOLUL 3. BIOCENOZA

3.1. UNELE METODE CANTITATIVE DE ESTIMARE A POPULAŢIILOR ŞI A BIOCENOZELOR

3.2. DETERMINAREA SPECTRULUI TAXONOMIC ŞI SPECTRULUI ECOLOGIC AL BIOCENOZEI

3.3. DETERMINAREA UNOR PARAMETRI AI CENOZELOR DIN CADRUL BIOCENOZEI

3.3.1. Indicii analitici
- 3.3.1.1. Abundenţa
- 3.3.1.2. Frecvenţa
- 3.3.1.3. Constanţa speciilor
- 3.3.1.4. Fidelitatea
- 3.3.1.5. Dominanţa

3.3.2. Indicatorii sintetici
- 3.3.2.1. Indicele de semnificaţie ecologică
- 3.3.2.2. Indicele de afinitate cenotică (Indicele Jaccard, q)
- 3.3.2.3. Construirea manuală a dendrogramei

3.3.3. Indici de diversitate
- 3.3.3.1. Indicele de diversitate Fischer, Corbet şi Williams
- 3.3.3.2. Indicele de diversitate Simpson se calculează după formula:
- 3.3.3.3. Indicele de diversitate Shannon-Wiever

3.4. POPULAŢIA

3.4.1. Estimarea efectivului populaţiilor
- 3.4.1.1. Metoda pătratului de probă
- 3.4.1.2. Metoda capturii, marcării şi recapturii
- 3.4.1.3. Metoda capturilor pe unitate de efort egal

3.4.2. Metode de estimare a dispersiei populaţiei
- 3.4.2.1. Generalităţi
- 3.4.2.2. Metoda raportului varianţă-medie
- 3.4.2.3. Metoda comparării raportului frecvenţelor observate cu cele teoretice

3.4.3. Structura pe vârste şi sexe a populaţiilor
- 3.4.3.1. Generalităţi
- 3.4.3.2. Structura vârstelor
- 3.4.3.3. Variaţia în timp a structurii vârstelor
- 3.4.3.4. Structura pe sexe
- 3.4.3.5. Construirea piramidei combinate (vârste şi sexe) la o populaţie umană

3.4.4. Dinamica populaţiei
- 3.4.4.1. Generalităţi
- 3.4.4.2. Formele de creştere ale populaţiei
  - 3.4.4.2.1. Creşterea exponenţială
  - 3.4.4.2.2. Creşterea logistică a populaţiei

3.1. UNELE METODE CANTITATIVE DE ESTIMARE A POPULAŢIILOR ŞI A BIOCENOZELOR

Pentru a stabili structura şi funcţia unei populaţii în biocenoză se fac evaluări cantitative.Pentru a face colevctări cantitrative e necesar să ştim:

1. Suprafaţa de studiu şi suprafaţa de colectare;
2. Numărul de colectări pe lună;
3. **Mărimea suprafeţei de probă**

Suprafaţa de studiu şi suprafaţa de colectare

Cum procedăm într-un ecosistem omogen, cum procedăm într-un ecosistem heterogen?

Intr-un ecosistem omogen, punctele de colectare se iau la întâmplare, randomizat. Intr-un ecosistem heterogen, stratificat, cum este pădurea, stabilim colectarea pe straturi, folosind metode adecvate. Rezultatele se analizează pe fiecare strat, apoi se face sinteza, incluzând toate stratele. De exemplu, colectăm materialul entomologic din sol, de pe sol, strat erbos, coronomanetul arbuştilor şi coronamentul arborilor.

Pentru a urmări şi stabili variaţia sezonieră a compoziţiei specifice, variaţia diversităţii, a efectivelor cât şi a numărului de generaţii, este nevoie să colectăm material într-un sezon sau an. In general, trebuie să colectăm o dată pe lună sau maximum e de două ori în jurul datei de 15 şi 30 ale lunii respective.

Mărimea suprafeţei de probă depinde de talia animalelor. In mediu terestru se aplică frecvent metoda pătratului. Pentru artropodele edafice, latura patratului este de 10 cm. Pentru a stabili relaţiile numerice dintre speciile coabitante se foloseşte reţeaua de pătrate, model Uppsala (**Figura 34.**).

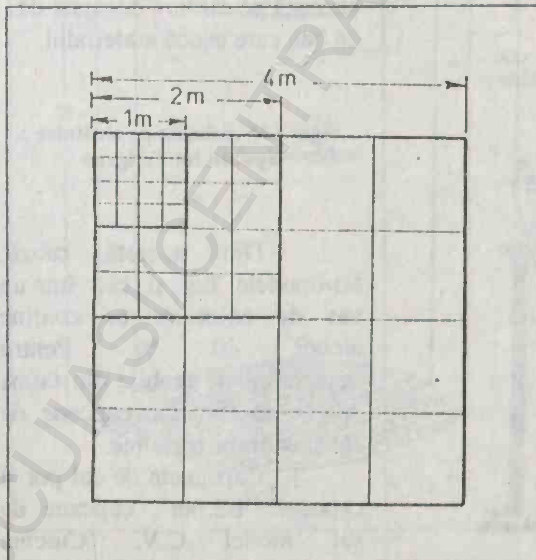


Figura 34. Reţea de pătrate, model Uppsala

Se procedează în felul următor:Se alege o suprafaţă de 16 m^2 , adică un patrat cu latura de patru m. Suprafaţa se divide succesiv de trei ori conform **Figurii 34.**.

Pentru colectarea nevertebratelor terestre se pot folosi mai multe metode: **Metoda evaluării directe, metoda capturii, marcare-recaptură, metoda eşantionului, metoda atractivă**

. **Evaluarea directă** constă în n umărarea indivizilor prin observarea lor în natură sau în probele colectate.Metoda se aplică în cazul plantelor,animalelor cu densitate mică şi animalelor mici cu mobilitate redusă.

Metoda captură, marcare-recapturare

Metoda eşantionului. Populaţiile pot fi caracterizate în privinţa unor parametri prin părţi din populaţii, prin probe pentru că generalul nu există decît în şi prin particular. **"Nu te-aşi fi căutat (în plinătate) dacă nu te-aşi fi găsit (în parte)"**

Materialul provenit din pătratele de probă cu faună edafică se poate obţine prin două tehnici:Cernerea materialului şi trierea cu aparatul Tullgren.

Cernerea materialului se face cu sita de cărăbuşi care reţine artropodele mai mari de 4-5 mm .Funcţiuonarea apareatului Tullgren (**Figura 35.**) se bazează pe căldura degajată de un bec care usucă materialul.

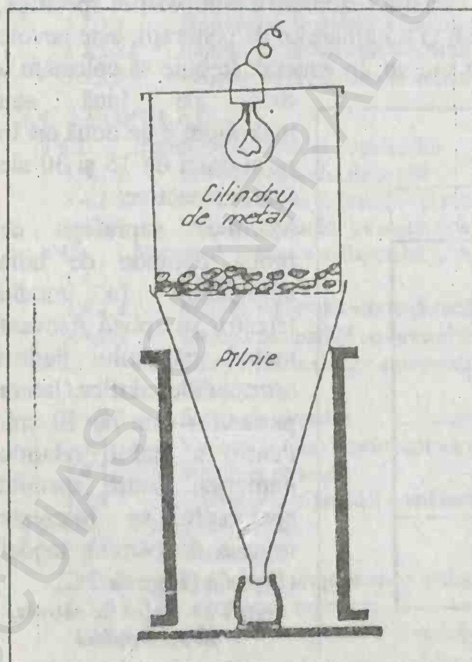
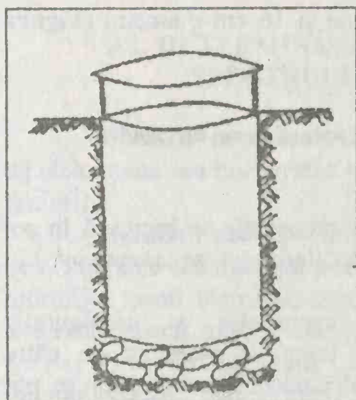


Figura 35 .Schema de alcătuire a aparatului Tullgren

Din această cauză, artropodele fug şi cad într-un vas de colectare ce conţine alcool 40 %. Pentru nevertebratele mobile din fauna epigee se folosesc capcane de sol şi cadrane metalice.

Capcanele de sol pot fi capcane "Barber", capcane de sol model C.V. (Ciochia



Victor). Capcanele "Barber" (**Figura 36.**) au lichid conservant (, soluție de formol 3 %, soluție saturată de sare de bucătărie). Se pot utiliza cutii de conserve de 800 ml, borcane de sticlă de 800 ml, vase de plastic.Impotriva precipitațiilor se folosesc capace de protecție, sprijinite pe picioruşe.

Figura 36. Schema unei capcane Barber

Modelul de capcană C.V. este format dintr-o pâlnie de colectare şi un vas colector cu fundul de sită. Pâlnia şi vasul colector se pun într-un vas protector de 18 cm înălțime care are, de asemenea, fundul din sită. Sita permite infiltrarea apei în sol şi capturarea unui material.(**Figura 37.**) viu.

Figura 37. Schema unei capcane tip C.V.

Pentru colectarea rozătoarelor şi insectivorelor se

folosesc capcane cilindrice de 40 cm înălţime şi 16 cm diametru (**Figura 38.**).

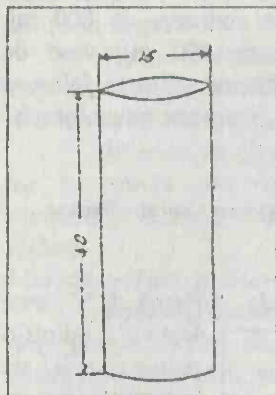


Figura 38. Capcană de sol tip cilindru

Capcanele prezentate se îngroapă în sol până la nivelul deschiderii apoi se tasează solul în jurul capcanei.

Numărul capcanelor şi configuraţia amplasării lor în teren se stabilesc de către cercetător. In cazul colectării carabidelor se pot folosi 6 sau 12 capacane

Metoda atractivă constă în folosirea capcanelor cu momeală sau a capcanelor luminoase. Capcanele cu momeală se folosesc pentru colectarea silfidelor (coleoptere necrofage), a rozătoarelor. In cazul rozătoarelor , capcanele cu momeală capturează mai puţin de 50 % deoarece cad în capcană exemplarele care-şi înving "efectul de capcană". Capcanele luminoase se folosesc în cazul insectelor nocturne, atrase de lumină. Colectarea insectelotr în special a fluturilor pe baza capcanelor luminoase este foarte des utilizată de taxonomişti, ecologi, colecţionari pentru colectarea materialului dintr-o regiune dată.

Lumea obiectivă, vie şi nevie formează un "**tot**" unitar pentru că" **toate sunt legate de toate**". Nimic nu este izolat în natură, societate şi gândire. Plantele, animalele, microorganismele formează şi trăiesc în comunităţi necesare, numite biocenoze.

Spaţiul fizic şi condiţiile climatice în care îşi desfăşoară activitatea o biocenoză se numeşte **biotop**. Spaţiul din biotop şi microcondiţiile climatice în care îşi desfăşoară activitatea o populaţie se numeşte **habitat**. In cuprinsul unui biotop se formează numeroase habitate din cauza varieţiei microreliefului, a factorilor climatici, a texturii solului etc.

Biotopul interacţionează cu factorii climatici şi biocenoza din care rezultă habitate şi microclimate.

3.2. DETERMINAREA SPECTRULUI TAXONOMIC ŞI SPECTRULUI ECOLOGIC AL BIOCENOZEI

Spectrul taxonomic înseamnă reprezentarea procentuală sub formă de ciclogramă sau histogramă a diferite categorii taxonomice (clase, ordine, familii).

Spectrul ecologic înseamnă reprezentarea procentuală sub formă de ciclograme sau histograme a diferite categorii ecologice de specii (specii hidrofile, specii higrofile, specii mezofile, specii xerofile, specii fitofage, omnivore, specii zoofage etc).

Biocenozele sunt alcătuite din fitocenoze, zoocenoze şi microbocenoze sau altfel spus din producători, consumatori, descompunători. Fitocenozele, zoocenozele sunt formate din taxoni organizaţi ierarhic (specii, genuri, familii, ordine, clase, încrengături).

Intocmirea spectrului taxonomic al nevertebratelor epigee dintr-o biocenoza (pădure, cultură agricolă etc.) se bazează pe metodele de colectare specifice, adecvate, reprezentative. De exemplu, se folosesc 12 capcane de sol cu lichid conservant şi protejate de precipitaţii. Capcanele se aşează pe patru rânduri , câte trei capcane pe rând. Distanţa între rânduri şi capcane 6 m. După colectarea ştiinţifică a materialului, urmează determinarea. După determinare, procedăm la organizarea cantitativă a taxonilor într-un tabel cu rânduri şi coloane ca în exemplul alăturat.

Nr.crt.	Denumirea taxonilor	Nr. Indivizi	%

Se recomandă reprezentarea grafică sub fomrmă de histograme pentru a reda şi impresia de ierarhizare a taxonilor.

Calcularea procentuală se face prin raportarea numărului total al fiecărui taxon (specie, familie,ordine, clasă, etc.) înmulţit cu 100 şi împărţit la numărul total de indivizi aferenţi acelui taxon (sau taxoni). De exemplu, **Tabelul 16.** (Neacşu, 1987) (**Figura 39.**).

Tabelul 16. Spectrul taxonomic al familor de plante într-un ecosistem de stepă

Nr.crt	Denumirea familiior	Nr. Speciilor	%
1	Asteraceae (Compozitae)	29	49,1
2	Fabaceae (Leguminoasae)	15	25,4
3	Brassicaceae (Cruciferae)	6	10,2
4	Rosaceae	5	8,5
5	Solanaceae	4	6,8
	Total	59	100,

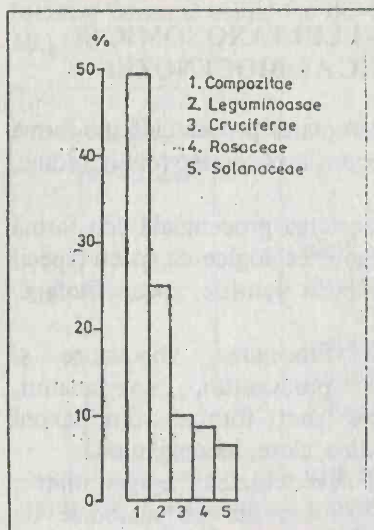


Figura 39. Spectrul taxonomic al familiilor de plante dintr-un ecosistem stepic.

Materialul de artropode epigee colectat din pădurea Mihai Eminescu (Județul Botoșani) poate fi folosit pentru a construi spectrele taxonomice la nivel de clase, ordine, familii per global și pentru cele trei staționare în parte. **Tabelele 17., 18., 19., 20., 21., 22.; Figurile 40., 41., 42..**

Tabelul 17. Abundența relativă și dominanța claselor de artropode în fauna epigee a pădurii, "Mihai Eminescu" (1976)

Nr.crt	Denumirea claselor	Nr. Indivizilor	%
1	Insecta	8511	77,2
2	Arachnida	1385	12,6
3	Crustacea(Ord. Isopoda)	505	4,6
4	Miriapoda	623	5,6
	Total	11.024	100,00

Tabelul 18. Abundența relativă și dominanța ordinelor de insecte în fauna epigee a pădurii " Mihai Eminescu" (1976)

Nr.crt	Denumirea ordinelor	Nr.indivizilor	%
1	Coleoptera	5706	67,0
2	Hymenoptera	965	11,3
3	Lepidoptera(larve,adulți)	643	7,5
4	Collembola	638	7,5
5	Diptera	450	5,3
6	Dermaptera	63	0,7
7	Orthoptera	30	0,3
8	Heteroptera	16	0,2
	Total	8511	

Tabelul 19. Abundenţa şi dominanţa relativă a familiilor de coleoptere în fauna epigee a pădurii "Mihai Eminescu" (1976)

Nr.crt	Denumirea familiilor	Nr.ind.	%
1	Carabidae	2376	41,6
2	Silphidae (larve şi adulţi)	1600	28,0
3	Scarabaeidae	1107	19,4
4	Staphylinidae	506	8,9
5	Curculionidae	54	0,9
6	Elateridae	22	0,4
7	Chrysomelidae	15	0,2
8	Coccinellidae	12	0,2
9	Cantharidae	9	0,2
10	Lampyridae	2	0,0
11	Lucanidae	1	0,0
12	Cerambycidae	1	0,0
13	Tenebrionidae	1	0,0
	Total	5706	

Observaţiile şi cercetările ecologice trebuie să pună în evidenţă şi să explice logic sau experimental deosebirile constatate în urma proiectării şi colectării materialului. In tabelele următoare sunt prezentate spectrele taxonomice (la nivel de clase, ordine, familii) simultan în toate cele trei staţionare.

Tabelul 20. Abundenţa relativă şi dominanţa claselor de nevertebrate epige în trei staţionare din pădurea" Mihai Eminescu"

Nr. crt	Clasele	Stationar A		Staţionar B		Staţionar C	
		Nr.ind.	%	Nr.ind.	%	Nr.ind.	%
1	Insecta	3661	75,7	2656	76,6	2271	75,4
2	Arachnida	652	13,5	428	12,4	323	10,7
3	Miriapoda	267	5,5	175	5,1	191	6,3
4	Crustacea	156	3,2	164	4,7	185	6,2
5	Oligochaeta	100	2,1	43	1,2	43	1,4
	Total	4836	100,00	3466	100,00	3013	100,00

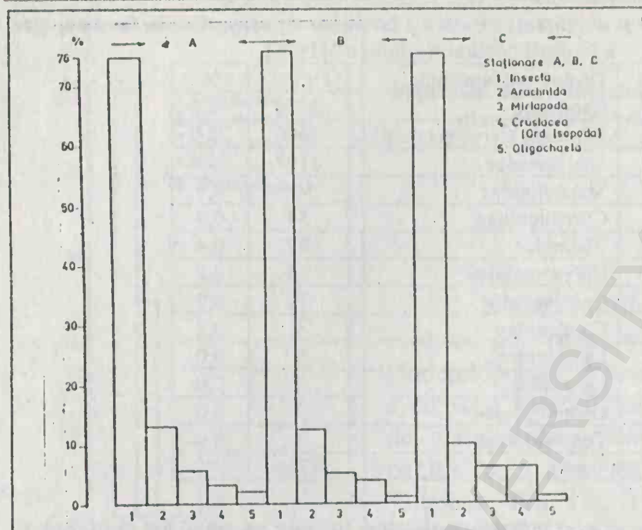


Figura 40. Spectrul taxonomic al claselor de artropode în fauna epigee a pădurii "M. Eminescu"

Tabelul 21. Abundența și dominanța ordinelor de insecte în artropodele epigee din trei staționare, pădurea "Mihai Eminescu", județul Botoșani

Nr.crt	Ordinele	Stationar A		Staționar B		Staționar C	
		Nr.ind.	%	Nr.ind	%	Nr.ind.	%
1	Coleoptera	2341	60,9	1927	72,6	1632	72,0
2	Hymenoptera	787	20,5	173	6,5	4	0,2
3	Lepidoptera	229	5,9	256	9,6	233	10,3
4	Collembola	268	7,0	146	5,5	224	9,9
5	Diptera	161	4,2	131	4,9	158	7,0
	Dermaptera	34	0,9	15	0,6	14	0,6
7	Orthoptera	22	0,6	6	0,2	2	0,0
	Total	3842	100,00	2654		2267	100,00

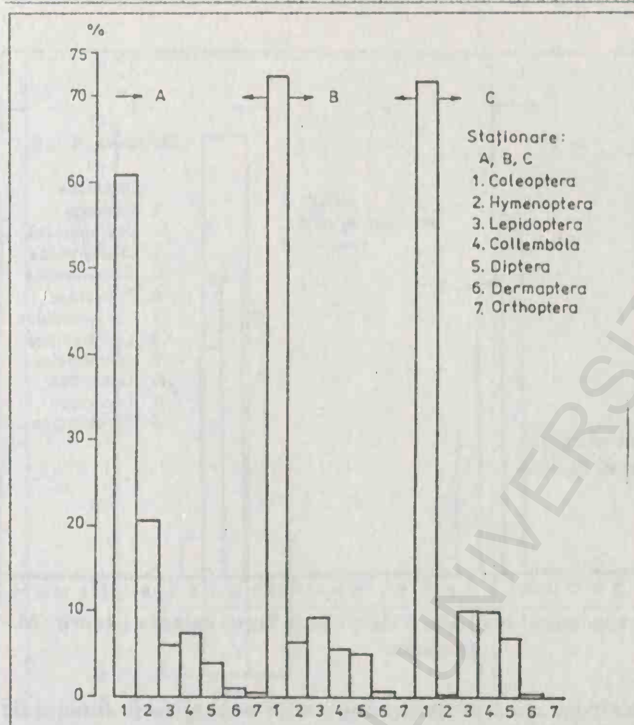


Figura 41. Spectrul taxonomic al clasei Insecta în fauna epigee a pădurii "M. Eminescu"

Tabelul 22. Abundenţa şi dominanţa familiilor de coleoptere în trei staţionare din pădurea "Mihai Eminescu", judeţul Botoşani.

Nr.crt	Familiile	Stationar A		Staţionar B		Staţionar C	
		Nr ind	%	Nr.ind.	%	Nr.ind.	%
1	Carabidae	1058	49,2	830	43,1	491	31,2
2	Silphidae	433	20,1	606	31,4	561	35,7
3	Scarabaeidae	328	15,3	293	15,2	426	27,1
4	Staphylinidae	256	11,9	177	9,2	73	4,6
5	Curculionidae	40	1,8	10	0,5	4	0,2
6	Elateridae	12	0,5	4	0,2	6	0,4
7	Chrysomelidae	9	0,4	2	0,1	4	0,2
8	Coccinellidae	6	0,3	2	0,1	4	0,2
9	Cantharidae	5	0,2	2	0,1	2	0,1
10	Lampyridae	1	0,0	0	0	1	0,0
11	Lucanidae	1	0,0	0	0	0	0
12	Cerambycidae	0	0	1	0,0	0	0
13	Tenebrionidae	1	0,0	0	0	0	0
	Total	2150	99,7	1927	99,9	1572	99,70

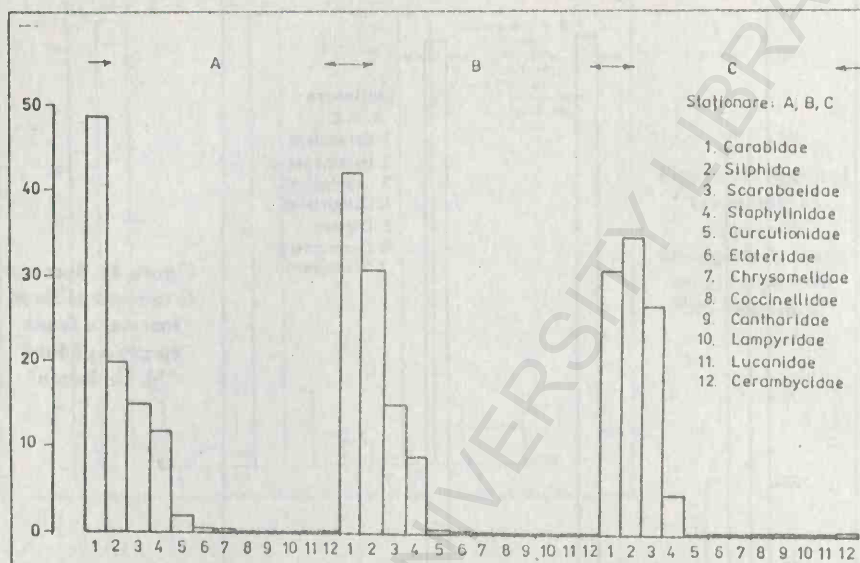


Figura 42. Spectrul taxonomic al ordinului Coleoptera în fauna epigee a pădurii "M. Eminescu"

Spectrul ecologic arată proporţiile grupelor ecologice în funcţie de criterii sau factori. De exemplu, în cadrul ordinului Coleoptera, procentul coleopterelor diurne şi procentul coleopterelor nocturne. Clasificarea coleopterelor în raport de umiditate este: coleoptere higrofile (număr, procent); coleoptere mezofile (număr., procent), coleoptere xerofile (număr, procent). In raport de hrană, împarţim coleopterele în: coleoptere fitofage, (număr, procent), coleoptere carnivore (număr, procent), coleoptere mixofage (număr, procent). Un exemplu concret este dat în **Tabelul 23.**, **Figura 43.,44.,45.**.

Tabelul 23. Distribuţia carabidelor după regimul de hrană. Osoi, judeţul Iaşi, 1986

Nr.crt	Biocenoza	Zoofagi		Mixofagi		Fitofagi	
		Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
1	Pajişte	96	12,3	159	26,8	23	57,5
2	Flaorea soarelui	514	66,0	207	34,9	10	25,0
3	Porumb	168	21,6	227	38,3	7	17,5
	Total	778	99,9	593	100,0	40	100,0

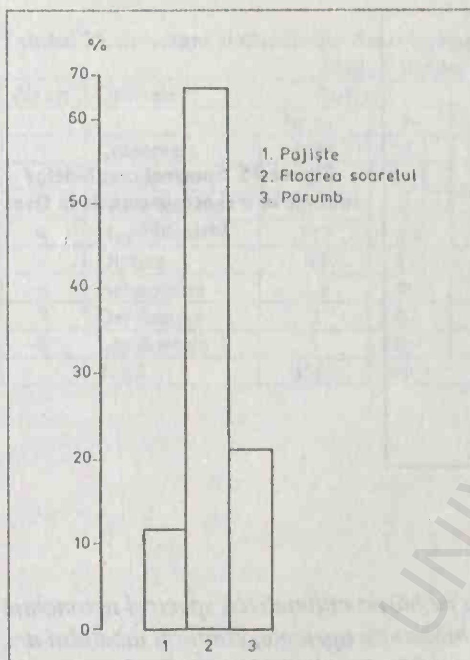


Figura 43. Spectrul carabidelor zoofage în trei ecosisteme de la Osoi, Iași, 1986.

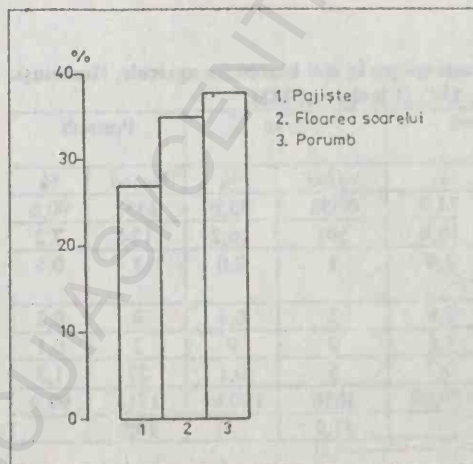


Figura 44. Spectrul carabidelor mixofage în trei ecosisteme de la Osoi, Iași, 1986.

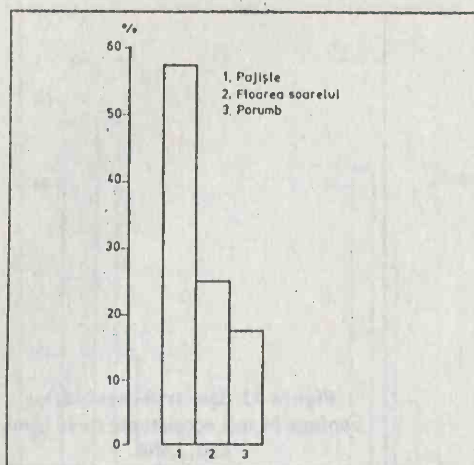


Figura 45. Spectrul carabidelor fitofage în trei ecosisteme de la Osoi, Iaşi, 1986.

Exerciţii

Fiecare student va realiza pe hârtie milimetrică spectrul taxonomic şi ecologic al faunei epigee în trei biocenoze agricole, conform tabelului nr.

Fiecare student va realiza pe hârtie milimetrică spectrul taxonomic şi ecologic al clasei insecta în trei biocenoze agricole, conform ***Tabelului 24., 25..***

Tabelul 24. Structura şi distribuţia faunei epigee în trei biocenoze agricole, Hemeiuşi, judeţul Bacău, 1981 (Ciorbaru,1982).

Nr. crt	Clasele	Lucernă		Grâu		Porumb	
		Nr.ind.	%	Nr.ind.	%	Nr.ind.	%
1	Insecta	4569	74,9	3056	83,6	1552	90,6
2	Arachnida	1149	18,8	591	16,2	124	7,2
3	Crustacea (Isopoda)	85	1,4	1	0,0	8	0,5
4	Miriapoda	156	2,6	3	0,1	4	0,2
5	Gasteropoda	100	1,6	0	0	2	0,1
6	Oligocheta	43	0,7	5	0,1	23	1,3
	Total	6102	100,00	3656	100,00	1713	99.9
	% din total	53,2		31,9		14,9	

Tabelul 25. Structura şi distribuţia clasei insecta în trei biocenoze agricole, Hemeiuşi, Judeţul Bacău, 1981

Nr.crt	Ordinele	Lucernă		Grâu		Porumb	
		Nr.ind.	%	Nr.ind.	%	Nr.ind.	%
1	Coleoptera	3596	78,7	2607	85,3	1483	95,5
2	Orthoptera	727	15,9	163	5,3	9	0,6
3	Hymenoptera	19	0,4	209	6,8	33	2,1
4	Homoptera	119	2,6	27	0,9	2	0,1
5	Diptera	88	1,9	32	1,0	22	1,4
6	Heteroptera	15	0,3	16	0,5	1	0,0
7	Dermaptera	2	0.0	2	0,0	1	0,0
8	Lepidoptera	3	0,1	0	0	1	0,0
	Total	4569	99,9	3056	99,8	1552	99,7

3.3. DETERMINAREA UNOR PARAMETRI AI CENOZELOR DIN CADRUL BIOCENOZEI

Biocenoza reprezintă ansamblul interacţiunilor dintre fitocenoze, zoocenoze şi microbocenoze.Fitocenozele conturează ansamblul vizibil al unei biocenoze. De exemplu, biocenoza pădurii de stejar, biocenoza pădurii de fag etc. Fitocenozele şi asociaţiile din pădurea de fag sunt impuse de limitele de toleranţă ale speciilor faţă de factorii ecologici abiotici.

Substratul şi regimul climatic al biotopului au caracter prioritar în formarea unei biocenoze, concretizîndu -se prin aceasta legătura strînsă dintre organisme şi mediu în baza legii filozofice a unităţii fenomenelor şi lucrurilor.

Cunoaşterea unei biocenoze se realizează prin înregistrarea speciilor şi a raporturilor dintre ele din fitocenoze şi zoocenoze. Caracteristicele unor cenoze (de exemplu, carabidocenoza) se pot exprima prin două grupe de indici ecologici: **indici analitici şi indici sintetici**.

Indicele este un coeficient caracteristic variaţiilor în timp şi spaţiu ale unei mărimi direct măsurabile sau observabile (Neacşu,1982).

3.3.1. Indicii analitici

Indicii analitici sunt: **abundenţa, frecvenţa, constanţa, fidelitatea şi dominanţă**

Indicii sintetici (de ansamblu) sunt: **indicele de semnificaţie ecologică, indicele de afinitate cenotică, indicele de diversitate .**

3.3.1.1. Abundenţa

Abundenţa reprezintă numărul indivizilor din probe şi se exprimă în procente .**Efectivul** reprezintă numărul total de indivizi dintr-un ecosistem. De exemplu, toate căprioarele dintr-o pădure , sau numărul total de arbori din acea pădure, aparţinând unei specii

Abundenţa se calculează, aplicând formula simplă de calcul

$$A = \frac{n}{N} \times 100$$

A = abundenţa relativă a speciei A,

n = numărul total de indivizi al speciei A capturaţi,

N = numărul total de indivizi ai tuturor speciilor colectate. De exemplu, abundenţa relativă a speciilor de Cecidomiydae din Insula Mare a Brăilei este dată în **Tabelul 26.** (Neacşu, 1966).

Tabelul 26. Abundenţa relativă a cecidomiidelor în Insula Mare a Brăilei

Nr.crt	Speciile	N	n/N.100	%
1	*Dasyneura sisimbrii*	234	234/543.100	43,1
2	*Contarinia nasturtii*	139	139/543.100	25,6
3	*Acodiplosis inulae*	97	97/543.100	17,8
4	*Dasyneura lupulina*	50	50/543.100	9,2
5	*Neomikielia beckiana*	11	11.543.100	2,0
6	*Dasyneura trifolii*	9	9/543.100	1,6
7	*Jaapiella yaapiana*	3	3/543.100	0,5
	Total	543		

3.3.1.2. Frecvenţa

Frecvenţa reprezintă procentul probelor în care se află specia dată în comparaţie cu numărul total de probe colectate.

Relaţia de calcul este: $F\% = \frac{p}{P} \times 100$

p = numărul de probe în care a fost găsită specia dată,

P = numărul total de probe colectate. De exemplu, să presupunem că dintr-o familie de coleoptere s-au colectat 17 probe într-un sezon.. Specia A din familia respectivă a fost găsită în 7 probe.Deci frecvenţa speciei A va fi: $F\% \frac{7}{17} \times 100 = 41{,}2\%$.

3.3.1.3. Constanţa speciilor

Constanţa speciilor este noţiunea care exprimă continuitatea speciilor într-un biotop, obiectivată în probele de colectare. Tischler (1955) grupează speciile , după valoarea frecvenţei, în patru grupe:

Specii **accidentale** cu frecvenţa între 1- 25 %

Specii **accesorii** cu frecvenţa între 25,1-50 %

Specii **constante** cu frecvenţa între 50,1-75 %

Specii **euconstante** cu frecvenţa între 75,1-100

Speciile accidentale au puţini indivizi, speciile euconstante au mulţi indivizi

3.3.1.4. Fidelitatea

Fidelitatea înseamnă ataşamentul speciilor pentru anumite tipuri de biocenoze în concordanţă cu limitele de toleranţă ale valenţelor sale.

3.3.1.5. Dominanţa

Dominanţa exprimă influenţa unei specii în cadrul unei cenoze sau al biocenozei. Dominanţa sugerează rolul speciilor în cenoze sau biocenoză. Dominanţa se poate exprima numeric (sub formă de procente) sau sub formă de biomasă, grame substanţă uscată. Un mamifer erbivor de câteva sute de kilograme biomasă are o influenţă decisivă asupra plantelor erboase dintr-o suprafaţă de păşune în comparaţie cu sute de exemplare ale unui ortopter (Insecta) dominant numeric.Dominanţa se confundă procentual cu abundenţa pentru că formula de calcul a dominaţei arată în ce procent se află speciile unele faţă de altele.

Dominanţa se calculează conform relaţiei: $\mathbf{DA} = \frac{nA}{N} \times \mathbf{100}$

DA înseamnă dominanţa speciei A; nA = numărul total de indivizi ai speciei A găsiţi în probele de colectare examinate; N = numărul total de indivizi ai tuturor speciilor găsiţi în numărul total de probe colecatate.

In **Tabelul 27.** este dată abundenţa şi dominanţă a cenozei de carabidae dintr-o cultură de cartofi particulară din localitatea Vicovul de Jos, Judeţul Suceava, 1998 (Ursache Ramona,1999)

Tabelul 27. Abundenţa şi dominanţa relativă a cenozei de Carabidae în fauna epigee din cultura de cartofi, Vicovul de Jos, Judeţul Suceava,1998

Nr.crt	*Denumirea speciilor*	Abundenţa	Dominanţa (%)
1	*Carabus violaceus*	38	4,3
2	*Carabus variolosus*	1	0,1
3	*Notiophilus palustris*	2	0,2
4	*Loricera pilicornis*	1	0,1
5	*Bembidion properans*	5	0,6
6	*Asaphidion flavipes*	1	0,1
7	*Pseudophonus rufipes*	269	30,7
8	*Pseudophonus griseus*	3	0,3
9	*Harpalus aeneus*	2	0,2
10	*Harpalus latus*	1	0,1
11	*Poecilus cupreus*	20	2,3
12	*Poecilus lepidus*	2	0,2
13	*Pterostichus melanarius*	495	56,6
14	*Abax carinatus*	4	0,4

Nr.crt	*Denumirea speciilor*	Abundenţa	Dominanţa (%)
15	*Calathus fuscipes*	12	1,4
16	*Calathus melanocephalus*	1	0,1
17	*Agonum moestum*	1	0,1
18	*Platynus assimilis*	5	0,6
19	*Amara aulica*	4	0,4
20	*Claenius nitidulus*	8	0,9
	Total	875	99,7

Structura dominanţei este formată din cinci grupe de specii în funcţie de procentele realizate (**Tabelul 28.**).

Tabelul 28. Structura dominanţei

Nr.crt	Codul	Grupa	Limitele procentuale
1	D1	Subrecedentă	Sub 1 %
2	D2	Recedentă (sporadică)	1,1-2
3	D3	Subdominantă	2,1-5
4	D4	Dominantă	5,1-10
5	D5	Eudominantă	Peste 10,1

Pe baza tabelului din cultura de cartofi Vicovul de Jos, distribuim speciile de carabidae în grupele de dominanţă. (**Tabelul 29**), (**Figura 46**)

Tabelul 29. Structura dominanţei cenozei de Carabidae din cultura de cartofi, Vicovul de Jos, 1998

Nr.crt	Grupele	Nr.specii	%	Nr.indivizi	%
1	Subrecedente	15	75	41	4,7
2	Recedente	1	5	12	1,4
3	Subdominante	2	10	58	6,6
4	Dominante	0	0	0	0
5	Eudominante	2	10	764	87,3
	Total	20	100	875	100

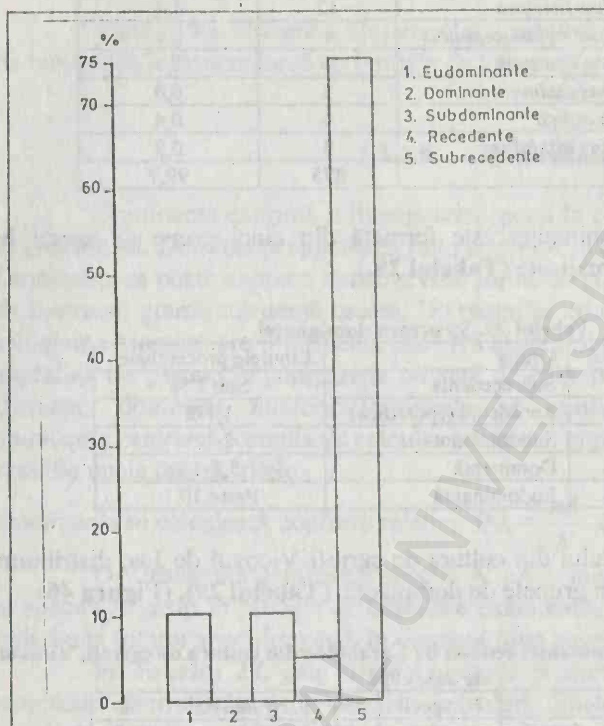


Figura 46. Spectrul ecologic al structurii dominanței carabidelor în ecosistemul culturii de cartof, Vicovul de Jos, Suceava, 1998

3.3.2. Indicatorii sintetici

3.3.2.1. Indicele de semnificație ecologică

Indicele de semnificație eologică (indicele Dzuba) arată mai precis, sub formă de procente, rolul unei specii în cenoză sau biocenoză deoarece procentele reprezintă raportul produsului dintre frecvență și abundență împărțit la 10.000.

Relația de calcul este $W = \frac{FA.DA.100}{10.000}$

FA reprezintă frecvența speciei A;
DA reprezinta dominanța speciei A;

Structura indicelui de semnificaţie ecologică are cinci clase,notate astfel:

W1 cu valori sub 0,1 %

W2 cu valori între 0,1-1 %

W3 cu valori între 1,1-5 %

W4 cu valori între 5,1- 10 %

W5 cu valori peste 10, 1 %

Deoarece în calcul participă şi frecvenţa speciilor, clasa W1 corespunde speciilor accidentale, clasele W2 şi W3 corespund speciilor accesorii, iar clasele W4 şi W5 corespund speciilor caracteristice (constante şi euconstante).

In **Tabelul 30.** se prezintă indicele de semnificaţie ecologică a speciilor de Carabidae din cultura de cartofi, Vicovul de Jos, 1998

Tabelul 30. Structura indicelui de semnificaţie ecologică în cultura de cartofi,Vicovul de Jos,1998

Nr.crt	Denumirea speciilor	W	Clasa
1	*Carabus violaceus*	W1	Accidentală
2	*Carabus variolosus*	W1	Accidentală
3	*Notiophilus palustris*	W1	Accidentală
4	*Loricera pilicornis*	W1	Accidentală
5	*Bembidion properans*	W1	Accidentala
6	*Asaphidion flavipes*	W1	Accidentala
7	*Pseudophonus rufipes*	W5	Caracteristică
8	*Pseudophonus griseus*	W1	Accidentală
9	*Harpalus aeneus*	W1	Accidentală
10	*Harpalus latus*	W1	Accidentală
11	*Poecilus cupreus*	W1	Accidentala
12	*Poecilus lepidus*	W1	Accidentala
13	*Pterostichus melanarius*	W5	Caracteristica
14	*Abax carinatus*	W1	Accidentală
15	*Calathus fuscipes*	W2	Accesorie
16	*Calathus melanocephalus*	W1	Accidentală
17	*Agonum moestum*	W1	Accidentală
18	*Platynus assimilis*	W1	Accidentală
19	*Amara aulica*	W1	Accidentală
20	*Claenius nitidulus*	W1	Accidentala

Exerciţii

Fiecare student va calcula constanţa, dominanţa şi indicele de semnificaţie ecologică pe baza datelor din ***Tabelul 31.****.*

Fiecare student va întocmi câte o histograma pentru structura constanței, dominanței și indicelui de semnificație ecologică. ***(Tabelul 31.).***

Tabelul 31. Distribuția speciilor de Oribatidae pe probe și abundențele lor în pășunea, Cristești

Nr. crt	Speciile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	T	A
	Epilohmannia cylindrica	+						+	+					3	22
2	*Ceratozetes furcatus*	+	+	+				+	+	+	+	+	+	9	117
3	*Amoribatella ornata*	+	+	+					+	+	+	+	+	8	174
4	*Oppia minus*	+		+		+			+	+	+		+	7	243
5	*Oppiella obsoleta*	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	11	536
6	*Ctenobelba pectinigera*	+	+	+					+			+		5	14
7	*Echeloribates fusiger*		+						+				+	3	10
8	*Punctoribates sellnicki*		+								+			2	2
9	*Xilobates lophotrichus*	+						+						2	2
10	*Scutovertex minutus*			+										1	21
11	*Tectocepheus velatus*			+				+						2	4
12	*Scheloribates laevigatus*			+					+					2	5
13	*Xylobates capucinus*				+				+	+	+			4	14
14	*Scheloribates labyrinthicus*				+									1	1
15	*Punctoribates punctum*				+			+	+					3	14
16	*Peloribates europaeus*							+						1	2
17	*Hypodamaeus auritus*								+	+				2	2
18	*Scheloribates pallidulus*								+	+				2	5
19	*Sphaerochthonius splendidus*									+				1	1
20	*Rhyactritia ardua*												+	1	12
21	*Hypochtonius luteus*												+	1	2
22	*Peloptulus phaenotus*												+	1	1

Nr. crt	Speciile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	T	A
23	*Zigoribatula mariehammer ae*												+	1	17
24	*Oppia bicarinata*												+	1	450
25	*Microzetorche stes emerxi*												+	1	1

3.3.2.2. Indicele de afinitate cenotică (Indicele Jaccard, q)

Indicele de afinitate cenotică arată procentul de legătură (afinitate) întrele speciile unei cenoze existente într-o biocenoză (pădure,livadă, cultură agricolă) comparate două câte două. De exemplu, între speciile **Pterostichus melanarius şi Poecilus cupreus** (Coleoptera, Carabidae) într-o cultură de trifoi Suceava ,1978, a existat un procent de afinitate de 100 %.Afinitatea între specii exprimă, în acelaşi timp, preferinţele pentru condiţiile ecologice existente în biotop sau habitat pe baza valenţelor ecologice

Pentru a afla afinitatea între două specii, folosim formula de calcul Jaccard:

$$q = \frac{c}{a+b-c} \times 100$$

a - înseamnă numărul de probe în care a fost prezentă specia a;

b - înseamnă numărul de probe în care a fost prezentă specia b;

c - înseamnă numarul comun de probe în care se găsec speciile a şi b

De exemplu, specia a a fost găsită în 24 de probe; specia b a fost găsită în 8 probe, c (ambele specii) au fost găsite în 8 probe.

Punem datele în formula de calcul şi obţinem:

$$q = \frac{8x100}{24+8-8} = \frac{800}{24} = 33{,}3\ \%$$

Indicele Jaccard poate fi folosit pentru calcularea afinităţii între specii din mai mulţi biotopi. De exemplu, specia a a fost prezentă în 5 biotopi, specia b a fost prezentă în 8 biotopi, ambele specii (c) au fost găsite în cinci biotopi.

$$\text{Deci } q = \frac{5}{5+8-5} = \frac{5.100}{8} = 62{,}5\ \%$$

Pentru a calcula indicele de afinitate al speciilor dintr-o cenoză, distribuim speciile într-un tabel pe baza prezenţei lor în probele de colectare, începînd cu cele mai frecvente ca în **Tabelul 32.**.

Tabelul 32. Prezenţa speciilor de Cecidomyidae în 10 probe, extrase cu biocenometrul, iunie, 1962, Insula Mare a Brăilei (Neacşu, 1987)

	Speciile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	*Dasyneura schulzei*	+	+	+	+	+			+		+
2	*Dasyneura sisymbrii*	+	+	+	+	+			+		
3	*Dasyneura lupulinae*				+	+				+	+
4	*Acodiplosis inulae*	+	+	+			+				
5	*Contarinia nasturtii*				+		+		+		+
6	*Neomikiella beckiana*						+			+	+
7	*Clinorrhyncha tanacetii*			+			+			+	+
8	*Wachtliela stachidis*				+		+		+		
9	*Dasyneura trifolii*				+						

Calculul afinităţii se bazează pe compararea speciilor două cîte două. De exemplu, prima specie cu a doua, apoi cu a treia, etc. După ce am terminat şirul, comparăm a doua specie cu a treia, cu a patra, etc. Procentele se înscriu într-un tabel de formatul următor. (**Tabelul 33.**).Afinitatea se exprimă şi sub formă de dendrogramă (**Figura 47**).

Tabelul 33. Afinitatea cenotica a speciilor de Cecidomyidae în Insula Mare a Brăilei

	Speciile	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	*Dasyneura schulzei*									
2	*Dasyneura sisymbrii*	85,7								
3	*Dasyneura lupulinae*	37,5	25							
4	*Acodiplosis inulae*	37,5	42,8	0						
5	*Contarinia nasturtii*	37,5	25	33,3	14,2					
6	*Neomikiella beckiana*	11,1	0	40	16,6	40				
7	*Clinorrhyncha tanacetii*	11,1	12,5	16,6	40	16,6	50			
8	*Wachtliela stachidis*	25	28,5	16,6	16,6	60	20	20		
9	*Dasyneura trifolii*	14,2	16,6	25	0	25	0	0	33,3	

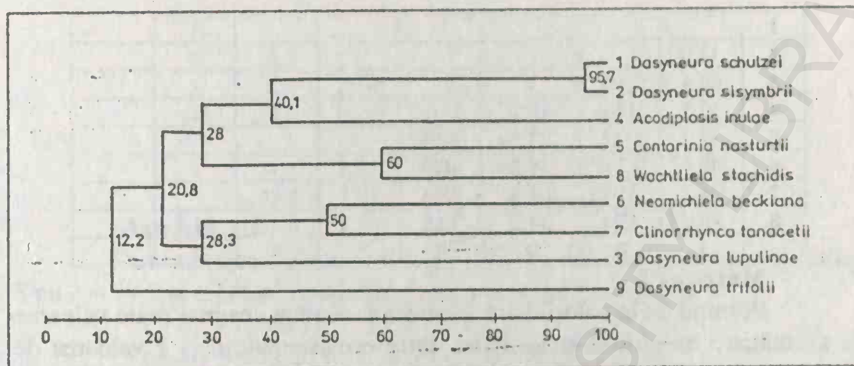


Figura 47. Dendrograma afinităţii speciilor de Cecidomyidae din Insula Mare a Brăilei

Exerciţii

Fiecare student va calcula afinitatea cenotică a speciilor de oribatide din păşunea Cristeşti după ***Tabelul 31..***

Mai întâi, se liniază tabelul care trebuie să cuprindă 27 de coloane şi 26 de rânduri. Primele două coloane sunt: Nr. crt şi. denumirea speciilor (speciile se vor trece prin simboluri 1, 2 ,3 etc. pentru economie de timp), apoi 25 coloane corespunzătoare celor 25 de specii, notate cu 1, 2 ,3, 4 etc.

Fiecare rând se notează de la 1 la 25.

In tabel se trec procentele de afinitate ale speciilor

3.3.2.3. Construirea manuală a dendrogramei

Pentru a vizualiza afinitatea dintre specii în cadrul biotopului cercetat sau biotopi diferiţi se construieşte dendrograma afinităţii.

Dendrograma este graficul care arată procentele de asemănare între specii habitate, biocenoze, localităţi etc. Construirea dendrogramei (Stan ,1995) se bazează pe numeroase calcule manuale simple în baza valorilor rezultate din calcularea coeficientului jaccard. Exemplul de calcul din lucrarea lui Stan,1995

Se dau valorile din matricea 1

1								
2	18,0							
3	60,4	25,8						
4	30,5	72,1	18,2					
5	37,9	60,4	27,5	80,1				
6	46,4	12,8	38,2	40,0	18,9			
7	58,2	22,5	68,4	18,4	17,5	84,6		
8	39,4	79,1	34,2	70,9	60,8	60,2	34,5	
	1	2	3	4	5	6	7	8

Matricea 1

Pornind de la valorile din matricea I, căutăm cea mai mare valoarea de asemănare între două ecosisteme. Intre ecosistemele 6 şi 7 valoarea de asemănare este de 84,6 %. Facem apoi un şir de operaţii care analizează simultan coloanele şi rîndurile 6 şi 7 cu valorile celorlalte ecositeme, în felul următor:

(1 cu 6) + (1 cu 7) = 46,4 + 58,2 = 104,6 : 2 = 52,3
(2 cu 6)+ (2 cu 7) = 12,8 + 22,5 = 35,3 : 2 = 17,7
(3 cu 6) + (3 cu 7) = 38,2 + 68,4 = 106,2 :2 = 50,3
(4 cu 6) + (4 cu 7) = 40,1 +18,4 = 58,5 :2 = 29,3
(5 cu 6) + (5 cu 7) = 18,9 + 17,5 = 36,4 : 2 = 18,2
(8 cu 6)+ (8 cu 7) = 60,2 +34,5 = 94,7 : 2 = 47,4

Se construieşte o noua matrice

1							
2	18,0						
3	60,4	25,8					
4	30,5	72,1	18,2				
5	37,9	60,4	27,5	80,1			
6+7	52,3	17,7	50,3	29,3	18,2		
8	39,4	79,1	34,2	70,9	60,8	47,4	
	1	2	3	4	5	6+7	8

Matricea 2

Pornind de la valorile din matricea II, căutăm care este valoarea cea mai mare de asemănare între doua ecosisteme.Cea mai mare valoare de asemănare de 80,1 % este între ecosistemele 4 şi 5.

Vom efectua un şir de operaţii ca în primul exemplu, adică:

(1 cu 4) + (1 cu 5) = 30,5 + 37,9 = 68,40 : 2 = 34,2
(2 cu 4) + (2 cu 5) = 72,1 + 60,4 = 132,5 : 2 = 66,4
(3 cu 4) + (3 cu 5) = 18,2 + 27,5 = 45,7 : 2 = 22,9
(4 cu 6-7) + (5 cu 6-7) = 29,3 + 18,2 = 47,5 : 2 = 23,9
(4 cu 8) + (5 cu 8) = 70,9 + 60,8 = 131,7 : 2 = 65,9

Se construieşte o noua matrice

1						
2	18,0					
3	60,4	25,8				
4-5	34,2	66,4	22,9			
6-7	52,3	17,7	50,3	23,8		
8	39,4	79,1	34,3	65,9	47,4	
	1	**2**	**3**	**4-5**	**6-7**	**8**

Matricea III

Din matricea trei alegem cuplul cu cea mai mare asemănare, adica 8 cu 2 = 79,1 şi repetăm operaţiile după procedeul de mai sus:

(1 cu 8) + (1 cu 2) = 39,4 + 18,0 = 57,4 : 2 = 28,7

(3 cu 8) + (3 cu 2) = 34,3 + 25,8 = 60,0 : 2 = 30,1

(4-5 cu 8) + (4-5 cu 2) = 65,9 + 66,4 =132,3 : 2 = 66,2

(6-7 cu 8) +(6-7 cu 2)= 47,4 +17,7 = 65,1: 2 =32,6 Se construieşte matricea 4

1					
2-8	28,7				
3	60,4	30,1			
4-5	34,2	66,4	22,9		
6-7	52,3	32,6	50,3	23,8	
	1	**2-8**	**3**	**4-5**	**6-7**

Matricea IV

In aceasta matrice, asemănarea cea mai mare de 66,4 % este între cuplul 2-8 şi 4-5

Facem calculele:

(1 cu 4-5) + (1 cu 2-8) = 34,2 + 28,7 = 62,9 : 2 = 31,5

(3 cu 4-5) + (3 cu 2-8) = 22,9 + 30,1 = 53,0 : 2 = 26,5

(6-7 cu 4-5) + (6-7 cu 2-8) = 23,8 + 32,6 = 56,4 : 2 = 28,2

Se construieste matricea 5

1				
2-8,4-5	31,5			
3	60,4	26,5		
6-7	52,3	28,2	50,3	
	1	**2-8,4-5**	**3**	**6-7**

Matricea V

In aceasta matrice, cuplul cu valoarea cea mai mare este 3 cu 1 (60,4 %)

Facem calculele necesare

(2-8-4-5 cu 1) + (2-8-4-5 cu 3) = 31,5 + 26,5 = 58,0 : 2 = 29,0

Construim matricea VI

1-3			
2-8-4-5	29,0		
6-7	51,3	28,2	
	1-3	2-8-4-5	6-7

Matricea VI

Din matricea VI se ia cuplul cu valoarea cea mai mare, adică 6-7 cu 1-3 = 51,3

Calculăm

(2-8-4-5 cu 6-7) + (2-8-4-5 cu 1-3) = 28,2 + 29,0 = 57,2: 2 = 28,6

Construim ultima matrice, matricea VII

2-8-4-5		
6-7-1-3	28,6	
	2-8-4-5	6-7-1-3

Matricea VII

Pe baza valorilor obţinute din calcule se construieşte dendrograma.In acest scop, procedăm in felul urmator:

Aranjam in ordine descrescătoare , valorile cuplurilor cu care am lucrat

6 cu 7 = 84,6
4 cu 5 = 80,1
2 cu 8 = 79,1
3 cu 1 = 60,4

Aranjăm in ordine descrescătoare, valorile obţinute din calcul: cu 2-8 = 60,4 , 6-7 cu 1-3 = 51,3 , 6-7 –1-3 cu 2-8 –4 –5 = 28,6 Construim o scara zecimala a valorilor de la 0 la 100. In dreptul valorilor de pe scara zecimala se vor transpune grafic v alorile de mai sus, mergând pe principiul dichotomiei.Incepem cu valorile cele mai mari ale cuplurilor descrescator, adica 84,6; 80,1 ; 79,1 ; 80,4

De la valori tragem linii paralele cu scara si in dreptul lor trecem semnificatia (specia, biotopul, biocenoza.)

Apoi trecem valorile de unire : 4-5 cu 2-8; 6-7 cu 1-3. In final, scara va arata ca in **Figura 48.**.

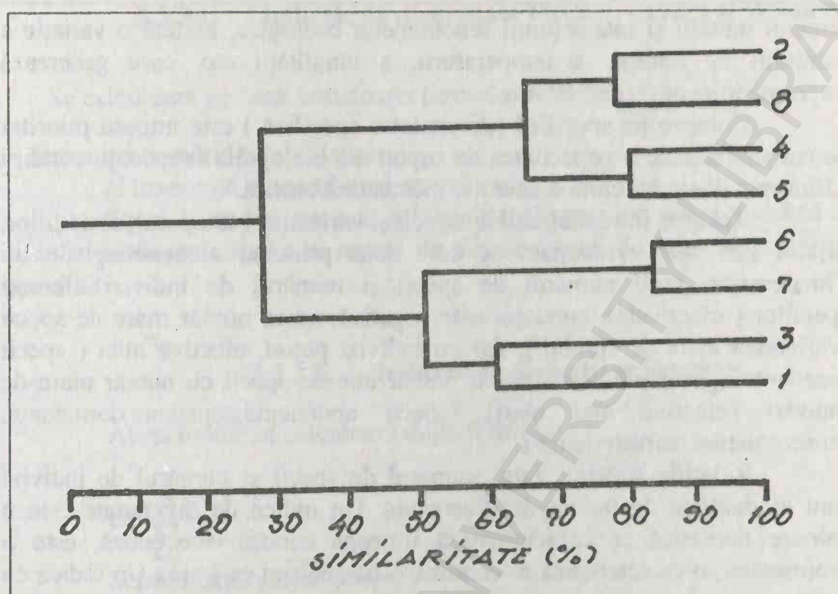


Figura 48. Dendrograma.

3.3.3. Indici de diversitate

Intr-un ecosistem există o biodiversitate şi o ecodiversitate. In cadrul biodiversităţii deosebim o **diversitate taxonomică** (încrengături, clase, ordine , familii, genuri) şi o **diversitate specifică** (specii).

Diversitatea specifică reprezintă bogăţia, mulţimea speciilor şi indivizilor deoarece speciile există prin efective, indivizi.Repartizarea indivizilor pe specii se numeşte **echitabilitate.**

Presupunînd că într-o suprafaţă de teren sunt 1000 de plante, din care 996 aparţin unei singure specii, iar celalte patru specii sunt reprezentate prin câte un individ, atunci pe acea suprafaţă, diversitatea şi echitabilitatea sunt mici.Dacă pe o altă suprafaţă de teren , cele cinci specii au cîte 200 de indivizi fiecare, atunci diversitatea şi echitabilitatea au valori mai ridicate.

Ecodiversitatea exprimă bogăţia, diversitatea condiţiilor de existenţă. Ecodiversitatea (heterogenitatea spaţială a reliefului, a substratului geologic,varietatea şi microvariaţia factorilor ecologici) a generat în evoluţie o biodiversitate corespunzătoare.Intr-o biocenoză de pădure, biodiversitatea este mai mare pentru că există o ecodiversitate corespunzătoare. Structura orizontală şi verticală a ecosistemului sporeşte biodiversitatea pentru că , în

temeiul unității și interacțiunii fenomenelor ecologice, rezultă o variație a cantității de lumină, a temperaturii, a umidității etc. care generează micromedii pentru nevertebrate .

Compoziția specifică (diversitatea specifică) este impusă prioritar de caracteristicele și capacitatea de suport ale biotopului (nutrienți, condiții).Biotopul poate întreține o anumită încărcătură biotică.

Relațiile între numărul de specii și varietatea biotopului, condițiilor, nișelor etc. sunt evidențiate de cele două principii biocenotice ale lui Thienemann. Intre numărul de specii și numărul de indivizi aferenți speciilor (efectivele), corelația este negativă, adică număr mare de specii (varietatea mare de condiții), dar cu indivizi puțini, efective mici (specii recedente, specii subrecedente) și număr mic de specii cu număr mare de indivizi (efective mai mari) (specii abundente,constante,dominante, reprezentative, caracteristice).

Relațiile sintetice între numărul de specii și numărul de indivizi sunt evidențiate de indicii de diversitate. Un indice de diversitate este o valoare numerică ce caracterizează întreaga cenoză, biocenoză, este o proprietate , o caracteristică a cenozei, a biocenozei ca întreg.Un indice cu valoare numerică mai mare înseamnă un număr mai mare de specii, varietate mai mare a biotopului, structurare și organizare mai bună, stabilitate mai mare.O biocenoză stabilizată înseamnă condiții ecologice variate, echilibrate care permit dezvoltarea efectivelor speciilor în cadrul relațiilor abiotice și biotice (interspecifice).

Cunoașterea diversității specifice se realizează pe baza colectării probelor organizate și planificate științific (mărime, număr de probe) și calcularea indicelui de diversitate. Folosirea unui număr de capcane, colectarea unui număr de probe (lunar, sezonier) este impus de distribuția indivizilor în spațiu și echitabilitatea speciilor. La un număr mic de capcane și colectări, numai speciile abundente ,dominante au șansa de a fi capturate. Folosind un număr mare de capcane și colectări (într-un sezon) și speciile cu efective mici, (subrecedente și recedente) au șanse de a fi capturate.

Exemplificăm trei indici de diversitate:

Indicele de diversitate **Fischer, Corbet** și **Williams;**

Indicele de diversitate **Simpson**;

Indicele de diversitate **Shannon** - **Wiever**

3.3.3.1. Indicele de diversitate Fischer, Corbet şi Williams

Se calculează pe baza următoarei formule: $S = \alpha \log\left(\frac{1+N}{\alpha}\right)$

S înseamnă numărul total de specii;

N înseamnă numărul total de indivizi.

Formula nu ţine cont de echitabilitatea speciilor, adică numărul de indivizi ai fiecărei specii ci numai de numărul total de indivizi ai tuturor speciilor

3.3.3.2. Indicele de diversitate Simpson

Acest indice se calculează după formula:

$$D = \frac{N(N-1)}{\sum n(n-1)}$$

Semnificaţia simbolurilor

D indicele de diversitate Simpson;

N = numărul total de indivizi;

n = numărul de indivizi al fiecărei specii

$\sum$ = sumă de ..

Pentru calcularea acestui indice dăm exemplul următor:

Speciile	N	n-1	n (n-1)
1	45	44	1980
2	40	39	1560
3	10	9	90
Total	95	92	3630

$$D = \frac{95x94}{3630} = \frac{8930}{360} = 2{,}46$$

3.3.3.3. Indicele de diversitate Shannon-Wiever

Formula de calcul a acestui indice a fost imbunătăţită de Lloyd şi Ghelardi pentru a lua în considerare (în calcul) atât numărul de specii cât şi numărul de indivizi al fiecărei specii (echitabilitatea)

Formula propusă este :

$$H(S) = \frac{K}{N}\left(N\log 10N - \sum_{r=1}^{S} Nr\log 10Nr\right)$$

H = indicele

S = numărul total de specii

K = factorul de conversie al logaritmilor din baza 10 în baza 2. Valoarea acestui factor este 3,321928

N = numărul total de indivizi

Nr = numărul total de indivizi al speciei r

Pentru a găsi logaritmul în baza 10 a unor numere, procedăm în felul următor:

Presupunem că avem de calculat logaritmii la următoarele numere: 7; 73; 730; 7300.

Căutăm în tabele logaritmice:

Logaritmul numărului 7 este 23045, scriem 0,23045

Logaritmul numărului 73 este 86352, scriem 1,86352

Logaritmul numărului 730 este 86332, scriem 2,86332

Logaritmul numărului 7300 este 86332, scriem 3,86332

Pentru cunoaşterea şi aprecierea diversităţii specifice, trebuie să înţelegem şi să calculăm **diversitatea reală, diversitatea teoretică (maximă) şi echitabilitatea**

Diversitatea reală (observată) se află prin calcularea indicelui de diversitate conform formulelor.In cazul ultimei formule expusă mai sus, valoarea indicelui este influenţată de numărul de specii şi echitabilitate.Când numărul de specii este mare, indicele de diversitate are valoare mai mare; când numărul de specii este mic, indicele de diversitate este mic.O echitabilitate crescută, mai bună, determină o valoare mai mare a indicelui de diversitate decât la acelaşi număr de specii ,dar cu o echitabilitate mică, adică cu câteva specii dominante a căror indivizi totalizează 80-85 % din totalul indivizilor tuturor speciilor.

Diversitatea teoretică se calculează conform formulei:

H(S) max. = Klog10S

Diversitatea maximă s-ar realiza atunci când echitabilitatea ar fi maximă, adică toate speciile ar avea acelaşi număr de indivizi.

Diversitatea relativă sau echitabilitatea

$$Hr = \frac{H(S)}{H(S)\max}$$

Având în vedere faptul că diversitatea maximă nu se poate realiza niciodată din cauza inechvalenței indivizilor și a speciilor în lupta pentru existență etc, autorii Lloyd și Ghelardi a u propus calcularea echitabilității, raportând numărul teoretic de specii S prim la numărul real de specii

$$E = \frac{S'}{S}$$

Numărul teoretic de specii a fost calculat de Lloyd și Ghelardi și este dat în **Tabelul 34.**.

Pentru a afla echitabilitatea, comparăm valoarea indicelui de diversitate obținut cu datele din tabel în felul următor:

Dacă indicele de diversitate a fost 1,81, numărul teoretic de specii este 5 pentru că ,în dreptul valorii de 1,81 corespunde 5; dacă indicele de diversitate a fost 1,32, numărul teoretic de specii este 3, pentru că se ia numărul de specii de cea mai apropiată valoare, adică 1,29 și în dreptul acestei valori se găsește 3, deoarece în tabel nu este nici o valoare exactă cu 1,32.

Odată aflat numărul teoretic de specii, acesta se împarte la numărul real de specii (din cercetarea noastră) și se află echitabilitatea

Pentru a pune în practică formula indicelui de diversitate Shannon, se fac următoarele operații:

1. Se înmulțește numărul indivizilor fiecărei specii cu logaritmul lor în baza 10 și se face suma totală

2. Se împarte constanta K la numărul total de indivizi colectați;

3. Se înmulțește numărul total al indivizilor din materialul determinat cu logaritmul lui în baza 10;

4. Se scade din produsul logaritmic al numărului total de indivizi, suma totală a logaritmilor indivizilor fiecărei specii;

5. Se înmulțește rezultatul obținut din operația 4 cu rezultatul obținut din operația 2.

Exemplu de calcul

Indicele de diversitate

Calculul indicelui de diversitate s–a facut pe baza unui material de Carabidae, colectat cu 12 capcane de sol, aprilie-octombrie,1977, din pădurea Mârzești, Iași.

Operatia I

Codul speciilor	Abundenţa Nr	Log10 Nr	Nr . log10 Nr
1	15	1,17609	17,64135
2	36	1,55630	56,02680
3	163	2,21219	360,58697
4	9	0,95424	8,58816
5	3	0,47712	1,43136
6	45	1,65321	74,39445
7	4	0,60206	2,40824
8	122	2,08666	254,57252
9	2	0,30103	0,60206
10	4	0,60206	2,40824
11	550	2,74036	1507,19800
12	257	2,40993	619,35201
13	125	2,09691	262,11375
14	7	0,84510	5,91570
15	13	1,11394	14,48122
$\sum$	1355	$\sum$	3187,72083

Operaţia II

$$\frac{3,321928}{1355} = 0,00244$$

Operaţia III

1355 . 3,13194 = 4243,77870

Operaţia IV

4243,77870-3187,72083 = 1056,05787

Operaţia V

1056,05787 . 0,00244 = 2,57

Diversitatea teoretică

H(15) max. = 3,321928 . 1,17609 = 3,90

Echitabilitatea

8: 15 = 0,53 . 100 = 53 %

Tabelul 34. Diversitatea teoretică M (S) corespunzătoare diferitelor valori numerice ale speciilor S (după Lloyd şi Ghelardi,1974)

S	M (S)	S	M (S)	S	M (S)	S	M (S)	S	M (S)
1	0,0000	41	4,7861	81	5,7506	142	6,5521	255	7,3915
2	0,8114	42	4,8200	82	5,7681	144	6,5721	260	7,4194
3	1,2997	43	4,8532	83	5,7853	146	6,5919	265	7,4468
4	1,6556	44	4,8856	84	5,8024	148	6,6114	270	7,4736
5	1,8170	45	4,9173	85	5,8192	150	6,6306	275	7,5000
6	2,1713	46	4,9483	86	5,8359	152	6,6495	280	7,5259
7	2,3714	47	4,9787	87	5,8524	154	6,6683	285	7,5513
8	2,5465	48	5,0084	88	5,8687	156	6,6867	290	7,5763
9	2,7022	49	5,0375	89	5,8848	158	6,7050	295	7,6008
10	2,8425	50	5,0661	90	5,9007	160	6,7230	300	7,6250
11	2,9701	51	5,0941	91	5,9164	162	6,7408	310	7,6721
12	3,0872	52	5,1215	92	5,9320	164	6,7584	320	7,7174
13	3,1954	53	5,1485	93	5,9474	166	6,7757	330	7,7620
14	3,2960	54	5,1749	94	5,9627	168	6,7929	340	7,8049
15	3,3899	55	5,2009	95	5,9778	170	6,8099	350	7,8465
16	3,4780	56	5,2264	96	5,9927	172	6,8266	360	7,8870
17	3,5611	57	5,2515	97	6,0221	174	6,8432	370	7,9264
18	3,6395	58	5,2761	98	6,0221	176	6,8596	380	7,9648
19	3,7139	59	5,3004	99	6,0366	178	6,8758	390	8,0022
20	3,7846	60	5,3242	100	6,0510	180	6,8918	400	8,0386
21	3,8520	61	5,3476	102	6,0792	182	6,9076	410	8,0741
22	3,8520	62	5,3707	104	6,1064	184	6,9293	420	8,1087
23	3,9779	63	5,3934	106	6,1341	186	6,9388	430	8,1426
24	4,0369	64	5,4157	108	6,1608	188	6,9541	440	8,1757
25	4,0937	65	5,4378	110	6,1870	190	6,9693	450	8,2080
26	4,1482	66	5,4594	112	6,2128	192	6,9843	460	8,2396
27	4,2008	67	5,4808	114	6,2380	194	6,9992	470	8,2706
28	4,2515	68	5,5018	116	6,2629	196	7,0139	480	8,3009
29	4,3004	69	5,2260	118	6,2873	198	7,0284	490	8,3305
30	4,3478	70	5,5430	120	6,3118	200	7,0429	500	8,3596
31	4,3936	71	5,5632	122	6,3350	205	7,0788	550	8,4968
32	4,4381	72	5,5830	124	6,3582	210	7,1128	600	8,6220
33	4,4832	73	5,6027	126	6,3811	215	7,1466	650	8,7373
34	4,5230	74	5,6220	128	6,4036	220	7,1796	700	8,8440
35	4,5637	75	5,6411	130	6,4258	225	7,2118	750	8,9434
36	4,6032	76	5,6599	132	6,4176	230	7,2434	800	9,0343
37	4,6417	77	5,6785	134	6,4691	235	7,2743	850	9,1236

S	M(S)	S	M(S)	S	M(S)	S	M(S)	S	M(S)
38	4,6792	78	5,6969	136	6,4903	240	7,3045	900	9,2060
39	4,7157	79	5,7150	138	6,5112	245	7,3341	950	9,2839
40	4,7513	80	5,7329	140	6,5318	250	7,3631	1000	9,3578

3.4. POPULAŢIA

3.4.1. Estimarea efectivului populaţiilor

Efectivul populaţiei este unul din parametrii fundamentali care-i asigură continuitatea şi participarea la circulaţia materiei într-un ecosistem.Efectivul numeric al unei populaţii reflectă poziţia ei zoologică , biomasa, integrarea în relaţiile interspecifice, poziţia în verigile trofice.Astfel, populaţiile de insecte dintr-un biotop au efective mari deoarece au biomasă mică în comparaţie cu efectivele de păsări din acelaşi biotop. Majoritatea speciilor de insecte sunt fitofage, ele formează veriga a doua în lanţul erbivorelor şi prădătorilor şi conform legităţii piramidei numerelor, efectivele insectelor trebuie să fie mai mari ca ale numerilor verigii următoare Păsările insectivore ocupă verigi mai îndepărtate, biomasa lor este incomparabil mai mare decât a insectelor, dar efectivele lor sunt incomparabil mai mici.

Estimarea efectivelor populaţiilor diferitelor specii (artropode, reptile , păsări, micromamifere) se realizează prin metode de colectare adecvate mediului de viaţă (terestru ,acvatic) , etologiei lor (mers, zbor), dimensiunilor etc. Metodele aplicate se bazează pe principiul sistemic al unităţii dintre parte şi întreg. Populaţia (întregul) există prin părţi în interacţiune (indivizi). Indivizii realizează anumite tipuri de răspândire (dispersie) în habitate.

Pentru speciile terestre care populează biotopi accesibili (pajişti, culturi, păduri , livezi) se utilizează următoarele metode:

1. Metoda pătratului de probă (al eşantionului) pentru plante şi animale (nevertebrate, vertebrate);

2. Metoda capturii (marcării şi recapturii) pentru animale (gasteropode, izopode, insecte, peşti, batracieni, reptile, păsări, micromamifere);

3. Metoda capturilor pe unitate de efort egal (pentru animale).

3.4.1.1. Metoda pătratului de probă

Pătratul de probă este o mică suprafață standard (10 x 10 cm; 25 x 25 cm; 1 x 1 m etc), marcată în scopul descrierii detailate și înregistrării datelor numerice (plante, animale). De exemplu, pentru estimarea acarienilor din sol se utilizează un pătrat cu latura de 10 cm. Colectările se fac pe trei orizonturi: 0 - 5, 5 - 10, 10 - 15 cm.

Pentru estimarea numărului de artropode epigee se utilizează 12 capcane, înalte de 11 cm, cu deschiderea de 8 cm.

Metoda pătratului de probă în estimarea unor specii de insecte

Metoda este potrivită pentru insectele epigee, puțin mobile din pajiști, pășuni, păduri, livezi, culturi agricole. Prin această metodă se estimează efectivele insectelor epigee dintr-o anumită arie.

Pentru punerea în aplicare a acestei metode sunt necesare: minim 10 cadrane metalice sau maxim 20, cu latura de 33 cm., (**Figura 49.**) ruletă de măsurat, borcane entomologice pentru colectarea insectelor, 10 sau 20 bastoane pentru marcarea pătratelor.

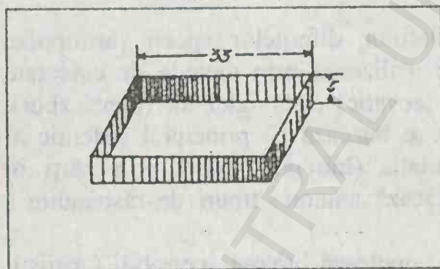


Figura 49. Cadran metalic

Cum procedăm?

In aria respectivă se alege o suprafață de 625 m^2 (un patrat cu latura de 25 m), reprezentativă (adică să întrunească trăsăturile dominante de microrelief și vegetație). In această suprafață se împrăștie cele 10 sau 20 cadrane metalice (de preferat, 20 cadrane deoarece eroarea de estimare se micșorează).Imprăștierea trebuie să acopere întreaga suprafață. Suprafața activă de căutare și observare va fi 33 cm . 33 cm . 20.

Pentru a fi usor depistat, fiecare patrat se marchează printr-un baston

Se colectează toate insectele găsite în fiecare pătrat, punându-le separat în câte un flacon. Apoi se face determinarea taxonomică. In caiet înregistrăm următoarele date:

1.Suprafaţa ariei delimitate

2. Suprafaţa unui pătrat

3. Numărul pătratelor cercetate

4. Numărul insectelor colectate pe toate pătratele

Cu datele obţinute se estimează frecvenţa speciilor (populaţiilor şi abundenţa).

Frecvenţa populaţiei însemna probabilitatea unor indivizi de a fi prezenţi în pătratele respective.Frecvenţa depinde de mărimea pătratului. Evident , dacă pătratul ar fi aşa de mare ca suprafaţa de studiu, atunci fiecare specie (populaţie) ar avea frecvenţa de 100 %. Pătratele fiind mici cu latura de 33 cm, în număr de 10 sau 20, indivizii unor specii vor fi absenţi în unele pătrate din cauza dispersiei în funcţie de microclimat.

Dacă se fac cercetări comparative (cultură de grâu, cultura de porumb) respectăm principiul egalităţii (aceeaşi suprafaţă, acelaşi număr de pătrate, aceeaşi configuraţie de amplasare).

Frecvenţa se calculează după următoarea relaţie:

$$F=\frac{nr.patratecuspeciaprezenta.100}{nr.totaldepatrate}$$

De exemplu, specia A a fost prezentă în cinci pătrate

$$F=\frac{5.100}{20}=25\ \%$$

Estimarea abundenţei relative a populaţiei se face conform relaţiei

$$A=\frac{\sup rafataarieidestudiuxnr.capturilor}{\sup rafataunuipatratxnr.patratelor}$$

3.4.1.2. Metoda capturii, marcării şi recapturii

Estimarea efectivului populaţiilor prin metoda capturii, marcării şi recapturii se aplică în cazul animalelor mobile (nevertebrate, vertebrate).

Metoda constă în capturarea unui număr de indivizi din specia respectivă, marcarea prin mijloace specifice (vopsele, inelări) şi lansarea indivizilor în populaţie. De exemplu, pentru capturarea unor specii de carabidae se folosesc 30 de capcane, aşezate într-un pătrat la distanţe egale între rânduri şi capcane

In funcţie de biologia şi ecologia insectelor (coleoptere, lepidoptere) pentru acurateţea rezultatelor, estimarea populaţiilor de insecte prin marcare, recapturare implică:

Marcare, lansare, o singură recapturare;

Marcare, lansare, două recapturări;

Marcare, lansare, trei recapturări (Stan, 1994).

Metoda unei singure marcări, o singură lansare, o singură recapturare(la micromamifere)

Metoda este cunoscută ca indicele lui Lincoln sau indicele Peterson.

Metoda porneşte de la ipoteza că populaţia dintr-o suprafaţă de studiu este formată din indivizi marcaţi şi indivizi nemarcaţi.

Notăm cu a indivizii capturaţi, marcaţi şi lansaţi;

notăm cu **b** indivizii marcaţi şi nemarcaţi în prima recapturare;

notăm cu **c** indivizii marcaţi , prezenţi în populaţie în prima recapturare

Atunci $\frac{a}{N} = \frac{c}{b}$, de unde $N = \frac{ab}{c}$

In cazul unei populaţii de ***Microtus sp.*** de pe o suprafaţă de 0,5 ha, cu 100 de capcane s-au capturat, marcat şi lansat 75 de indivizi; la a doua recapturare s-au prins 80 de indivizi din care 25 marcaţi recapturaţi.

Inlocuind simbolurile din formulă cu datele concrete de observaţie, mărimea populaţiei va fi $N = \frac{75.80}{25} = 240$ indivizi raportat la o jumătate de hectar sau 480 raportat la un hectar.

Această mărime este valabilă numai pentru perioada când s-a făcut lansarea indivizilor marcaţi şi nu când s-a realizat recapturarea deoarece între cele două intervale poate interveni o mortalitate naturală. Formula propusă ţine cont de această mortalitate naturală.

Pentru ca rezultatele să fie valabile în 95 % din populaţie sau 99 % din populaţie , trebuie să aplicăm formulele limitelor de încredere (confidenţă) pentru 95 % şi pentru 99 %

Aceste formule sunt :

Limită de confidenţă 95 % = p +- 1,96 $\sqrt{\frac{pq}{T}}$

Limită de confidenţă 99 % = p +- 2,58 $\sqrt{\frac{pq}{T}}$

Simbolurile folosite :

p însemnă raportul între numărul animalelor marcate față de numărul total recapturate. De exemplu, $\frac{25}{80} = 0,31$

q însemnă raportul între numărul animalelor nemarcate recapturate față de numărul total recapturate. De exemplu, . $\frac{55}{80} = 2,58$

T înseamnă numărul total de animale din proba recapturată (marcate și nemarcate).De exemplu, 80. (Neacșu ,1987).

Punând valorile empirice obținute în formulă vom obține:

Pentru limită de confidență 95 % $= 0,31 + 1,96\sqrt{\frac{0,31.0,69}{80}} = 0,41$

$0,31 - 1,96\sqrt{\frac{0,31.0,69}{80}} = 0,21$

pentru limită de confidență 99 % $= 0,31 + 2,58\sqrt{\frac{0,31.0,69}{80}} = +0,44$ $\quad 0,31 - 2,58\sqrt{\frac{0,31.0,69}{80}} = -0,18$

Sinteza valorilor cu care s-a demonstrat exemplul este dată în **Tabelul 35.**.

Tabelul 35. Sinteza valorilor folosite în exemplu

Nr.crt	Explicații	Valori
1	Numărul exemplarelor marcate și lansate	75
2	Numărul exemplarelor recapturate	25
3	Total exemplare recapturate	80
4	Populația estimată	240
5	P (marcați față de total recapturați)	0,31
6	Q (nemarcați față de total recapturați)	0,69
7	Limită de confidență pentru 95 %	0,10
8	Limită de confidență pentru 99 %	0,13

Exerciții

Fiecare student va estima efectivul și densitatea muridelor pe m^2 pentru lunile: iulie, august, septembrie pe baza datelor din ***Tabelul 36.***.

Tabelul 36. Situația marcării și recapturării muridelor în fânațul Valea lui David ,Iași, 1979 (Simionescu.,1984)

Iulie

Nr.crt	Data	Capturați	Marcați	Eliberați	Morți	Recapturați
1	1.V II	3	3	3	-	-

Nr.crt	Data	Capturați	Marcați	Eliberați	Morți	Recapturați
2	2.VII	5	5	5	-	-
3	3.VII	2	1	2	-	1
4	4.VII	1	1	1	-	-
5	5.VII	9	7	9	-	2
Capt.I-a		**20**	**17**	**20**	**-**	**3**

Nr.crt	Data	Capturați	Marcați	Eliberați	Morți	Recapturați
1	6 VII	3	-	3	-	3
2	7 VII	2	-	2	-	2
3	8 VII	-	-	-	-	-
Captura A II-a		**5**	**-**	**5**	**-**	**5**

August

Nr.crt	Data	Capturați	Marcați	Eliberați	Morți	Recapturați
1	1.V III	3	3	3	-	-
2	2.VIII	4	3	4	-	1
3	3.VIII	3	3	3	-	-
4	4.VIII	6	3	6	-	3
5	5.VIII	6	3	6	-	3
6	6VIII	1	-	1	-	1
Captura I-a		**23**	**15**	**23**	**-**	**8**

1	7.VIII	1	-	1	-	1
2	8.VIII	7	4	6	1	3
3	9.VIII	10	6	10	-	4
Captura a II-a		**18**	**10**	**17**	**1**	**8**

Septembrie

Nr.crt	Data	Capturați	Marcați	Eliberați	Morți	Recapturați
1	1.IX	23	16	19	4	7
2	2.IX	13	9	11	2	4
3	3.IX	13	4	13	-	9
4	4.IX	33	25	31	2	8
5	5.IX	17	4	17	-	13
6	6IX	22	9	21	1	13
Captura I-a		**121**	**67**	**112**	**9**	**54**

1	7.IX	17	8	15	2	9
2	8.IX	2	8	12	-	4
3	9.IX	22	12	21	1	10
Captura a II-a		**51**	**28**	**48**	**3**	**23**

Octombrie

Nr.crt	Data	Capturaţi	Marcaţi	Eliberaţi	Morţi	Recapturaţi
1	1.X	21	17	21	-	4
2	2.X	44	30	30	6	14
3	3.X	8	2	7	1	6
4	4.X	10	4	9	1	6
5	5.X	17	9	15	2	18
6	6.X	28	20	25	3	8
Captura I-a		**128**	**82**	**115**	**13**	**46**

1	7.X	3	1	3	-	2
2	8.X	18	12	18	-	6
3	9.X	8	7	8	-	1
Captura a II-a		**29**	**20**	**29**	-	**9**

3.4.1.3. Metoda capturilor pe unitate de efort egal

Această metodă constă în colectarea unui număr de indivizi cu un număr de capcane într-un intrerval de timp (zile). Fiecare capcană are şanse egale de capturare a indivizilor. Deoarece capcanele stau în acelaşi habitat, acelaşi numar de zile, obţinem probe de efort egal. Numărul indivizilor capturaţi în fiecare din experimentele succesive va reprezenta captura pe unitate de efort.

Un exemplu de calcul este dat de Simionescu (1982) în **Tabelul 37.**.

Tabelul 37. Capturile zilnice şi cumulate într-un experiment de patru zile

Nr.crt	Nr. experimente	Capturi zilnice (pe unitate de efort)	Capturi cumulate
	n	Y	x
1	1	20	0
2	2	15	15
3	3	10	25
4	4	5	30

Prelucrarea rezultatelor

Pentru a afla mărimea efectivului ne folosim de construirea unui grafic. Pe ordonată trecem valorile lui y (de la 0 la 20), pe abscisă valorile lui x (**Figura 50.**). Corelarea datelor coloanelor y şi x (din tabel) se trec pe grafic, prin puncte. De exemplu, în primul experiment, y are valoarea 20, iar x este 0. Punem un punct în dreptul cifrei 0, pe abscisă. Apoi corelăm, printr-un alt punct, valorile lui y şi x din al doilea experiment, adică 15, etc. Se observă că punctele se distribuie în jurul unei drepte care coboară din colţul din stânga sus către cel din dreapta jos, ca urmare a descreşterii progresive a ratei de capturare.

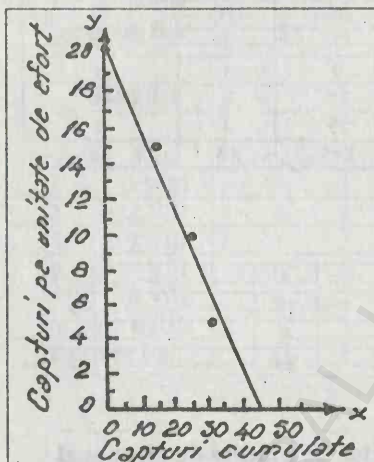


Figura 50. Regresia

Pentru a şti matematic unde dreapta întâlneşte abscisa (adica mărimea efectivului), trebuie să calculăm ecuaţia dreptei de regresie şi coeficientul de regresie (panta dreptei) , pe baza datelor din **Tabelul 36.**.

Formula ecuaţiei de regresie este $y - \bar{y} = a(x - \bar{x})$

în care:

y reprezintă captura pe unitate de efort;

x reprezintă frecvenţa cumulată a capturilor;

$\bar{y}$ reprezintă media capturilor pe unitate de efort;

$\bar{x}$ reprezintă media frecvenţelor cumulate a capturilor

Coeficientul de regresie notat cu a (sau panta de regresie) se calculează conform relaţiei:

$$a = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

Pentru a aplica formula ecuaţiei de regresie, punem datele din **Tabelul 36.** în rubricele **Tabelului 37.**.

Nr.crt	n	y	X	x^2	xy
1	1	20	0	0	0
2	2	15	15	225	225
3	3	10	25	625	250
4	4	5	30	900	150
	$\sum$	50	70	1750	625

Acum calculăm valorile simbolurilor $\bar{y}$, $\bar{x}$, a.

$\bar{y} = 50: 4 = 12,5$; $\bar{x} = 70: 4 = 17,5$

$\sum$ de xy = 3500,

$\sum$ de $x^2 = 4900$

$$a = \frac{625 - \frac{70.50}{4}}{1750 - \frac{4900}{4}} = -0,47$$

Acum rezolvăm ecuația dreptei de regresie în întregime:

y - 12,5 = - 0,47 (x – 17,5)

y - 12,5 = - 0,47 . x + 8,225

y = - 0,47. x + 12,5 + 8,225

y = - 0,47.x + 20,725

Intersecția acestei drepte cu axa abscisei, când y == 0, va fi

0 = - 0,47.x + 20,725

0,47 . x = 20,725

$$x = \frac{20,725}{0,47} = 44$$

Corectitudinea estimării numerice prin metoda efortului egal depinde de exactitatea următoarelor premize pe care trebuie să le îndeplinească populația indivizilor capturați.Acestea sunt:

Toți indivizii au șanse egale de a cădea în capcane, de a fi capturați;

Emigragrea și imigrarea din habitat sunt nesemnificative;

Variația populației ca urmare a mortalității sau natalității în perioada de capturare este mică;

Condițiile climaterice sunt stabile în timpul perioadei de capturare.

In general, rareori premizele de mai sus se pot realiza.

Exerciții

Fiecare student va estima mărimea unei populații (calcule și grafic) de microrozătoare pe baza datelor din ***Tabelul 38.****, aplicînd metodologia din exemplul precedent.*

Tabelul 38.

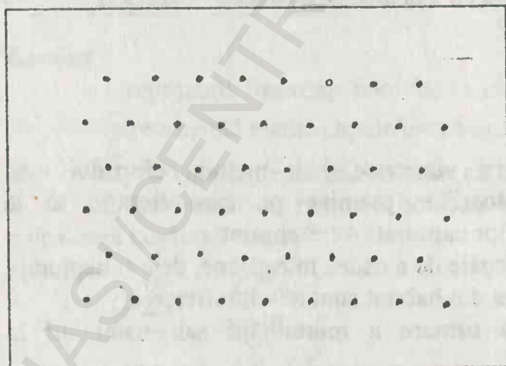
Nr.crt	Experimente	Capturați pe unitate de efort	Capturi cumulate
	n	Y	x
1	1	15	
2	2	12	
3	3	8	
4	4	6	

3.4.2. Metode de estimare a dispersiei populației

3.4.2.1. Generalități

Dispersia reprezintă modul de distribuție al organismelor într-un habitat sau biotop determinată de cauze ecologice și biologice.

Până în prezent, în ecologie, se cunosc trei tipuri de dispersii: dispersie uniformă (**Figura 51.**), dispersie aglomerată (**Figura 52.**), dispersie întâmplătoare.(**Figura 53.**)



Dispersia uniformă (Figura 51.) se caracterizează prin distanțe relativ egale între indivizii unei populații într-un habitat sau biotop.

Figura 51. Dispersia uniformă

Dispersia aglomerată (Figura 52.) este realizată când indivizii au distanțe mici între ei și formeaza grupe sau aglomerări (un mușuroi de furnici, cârduri, stoluri, turme).

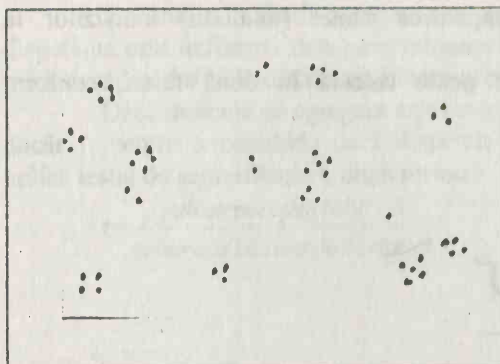


Figura 52. Dispersia aglomerată

Dispersia întâmplătoare (Figura 53.) se caracterizează prin distanţe inegale (mai mici sau mai mari) între indivizi., adică sunt împrăştiaţi întâmplător.

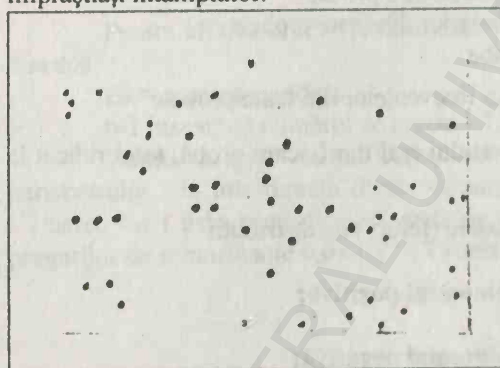


Figura 53. Dispersia întâmplătoare

Distribuţia indivizilor în cadrul populaţiilor este rezultatul evolutiv al interacţiunilor factorilor genetici şi ecologici, abiotici şi biotici (resurse de hrană, competiţie).

Estimarea tipului de dispersie a unei populaţii într-un habitat se bazeaza pe colectarea unui număr de probe reprezentative, ştiinţifice, analizate apoi teoretic pe baza relaţiilor dintre varianţă şi medie.

3.4.2.2. Metoda raportului varianţă-medie

Varianţa (S^2) este un parametru statistic ce arată gradul variaţiilor. Varianţa ne arată împrăştierea mai mare sau mai mică în jurul mediei.

Media rezultă din impărţirea sumei (totalului) indivizilor la numărul de probe colectate.

Valoarea varianţei se poate calcula în două feluri, conform relaţiilor:

$$1.\ S^2 = \sum \frac{(x-m)^2}{n-1}$$

$$2.\ S^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}$$

Semnificaţia simbolurilor este următoarea :

x = numărul indiviilor din fiecare probă;

m reprezintă media indivizilor din toate probele

n= numărul total de probe

$\sum x^2$ = suma pătratului frecvenţelor din toate probele

$(\sum x)^2$ = suma numărului real din fiecare probă, totul ridicat la patrat

Matematic, sunt trei modele (feluri) de distribuţii:

1. Distribuţia binomial pozitivă;

2. Distribuţia binomial negativă;

3. Distribuţia Poisson.

Pentru a estima modelul de distribuţie (dispersie) împărţim (raportăm) valoarea varianţei la valoarea mediei şi obţinem o valoare numită **indice de agregare.**

Astfel,

1. Când indicele de agregare **este 1**, dispersia este întâmplătoare, adică valoarea varianţei este egală sau foarte apropiată de valoarea mediei ca în distribuţia Poisson .

2. Când indicele de agregare **este semnificativ mai mic decât 1**, dispersia este aglomerată deoarece valoarea varianţei **este semnificativ mai mare decât media** , ca în distribuţia binomial negativă;

3. Când indicele de agregare este **semnificativ mai mare decât 1**, dispersiua este uniformă deoarece valoarea varianție este semnificativ mai mică decât media ca în distribuția binomial pozitivă.

Dacă indicele de agregare este ceva mai mic sau ceva mai mai mare decât 1, pentru a conchide dacă dispersia este întâmplătoare, trebuie să aplică testul de semnificație t, după formula

$$t = \frac{valoarearaportului - 1}{eroareas\tan dardadeviatiei}$$

$$Es = \sqrt{\frac{2}{n-1}}$$

Pentru aflarea erorii standard a deviației (Es), se aplică formula de mai sus

Es = eroarea standard

n-1 înseamnă numărul de probe – 1, adică gradele de libertate.

Pentru a găsi semnificația, utilizăm tabelul cu semnificația parametrului t la interferența dintre valoarea lui t și gradele de libertate. Valoarea lui t este semnificativă dacă această valoare intră în domeniul pragurilor de semnificație 0,05-0,01 (**Tabelul 1.**, p. 45 **45.**)

3.4.2.3. Metoda comparării raportului frecvențelor observate cu cele teoretice

Mai putem calcula dispersia speciilor, procedând în felul următor:

Colectarea unui număr de probe, luate întâmplător din habitat;

Determinarea speciilor și a numărului de indivizi din fiecare probă;

Ordonarea datelor într-un tabel cu următoarele coloane ca în modelul alăturat

Nr exemplare în probă	Frecvența observată	Frecvența calculată	Chi-pătrat

Pentru concretizare, folosim un exemplu (după Neacşu, 1987).

S-a observat prezenţa larvelor de ***Mikiola fagi*** (Ord. Diptera) în 20 de gale. Rezultatele au fost distribuite şi calculate conform rubricelor de mai sus (**Tabelul 39.**)

Tabelul 39.

Nr.crt	Nr. ex./probă (clase)	f. observată	f.calculată	Chi-pătrat
1	0	2	5,60	2,31
2	1	17	10	4,9
3	2	1	4,50	2,72
	Total	N=20	20,10	9,93

Pentru calcularea frecvenţei teoretice (calculată) se utilizează expresia:

$$P=\frac{m^x}{x!}.e^{-m}$$

Semnificaţia simbolurilor:

m este media numărului de indivizi pe probă;

e baza logaritmilor naturali (2,718...);

x! = termen factorial

e^{-m} funcţia exponenţială negativă a lui e

Valoarea e^{-m} pentru diferite mărimi de m este calculată în literatura statistică (tab. nr.)

Adaptând relaţia de calcul P pentru fiecare caz , obţinem

pentru x = 0 : P = e^{-m} ;

pentru x = 1: P = $\frac{m}{1}e^{-m}$

pentru x = 2: p= $\frac{m^2}{1x2}e^{-m}$

Pentru calcularea lui chi pătrat aranjăm datele într-un tabel conform modelui alăturat

Clase	f.observată	f.teoretică	Dif. O-T	$(0-T)^2$	$\frac{(0-T)^2}{T}$

De exemplu, să presupunem ca la clasa 0 (adică probe fără indivizi) au fost două probe, frecvenţa teoretic (calculată) este 5,60, dif 0- T (observată minus teoretică va fi 5,60 – 2 = 3,60 ; 3,60 se ridică la pătrat şi se împarte la frecvenţa teoretică. Rezultatul va fi 2,31.(**Tabelul 39.**).

Conform **Tabelului 2.** (p. 45), pentru grade de libertate 3 - 1 (folosim trei pentru că au fost numai trei clase) s-a găsit că chi-pătrat este egal cu 9,93 (tabel nr) ce corespunde unei probabilităţi de 0,1-1 % ca larvele de Mikiola fagi să se găsească câte două într-o gală, în restul de 99 % găsindu-se câte o larvă în gală, adică au o distribuţie uniformă, ceea ce s-a constat şi empiric că din 20 gale cercetate, 17 din ele aveau câte o larvă (**Tabelul 39.**).

Tabelul 40. e^{-m} **pentru diferite valori de m**

m	e^{-m}	m	e^{-m}	M	e^{-m}	M	e^{-m}	m	e^{-m}	m	e^{-m}
0,00	1,000	0,51	0,601	1,02	0,361	1,53	0,217	2,04	0,130	2,55	0,078
0,01	0,990	0,52	0,595	1,03	0,357	1,54	0,214	2,05	0,120	2,56	0,077
0,02	0,980	0,53	0,589	1,04	0,353	1,55	0,212	2,06	0,128	2,57	0,077
0,03	0,970	0,54	0,583	1,05	0,350	1,56	0,210	2,07	0,126	2,58	0,076
0,04	0,961	0,55	0,577	1,06	0,346	1,57	0,208	2,08	0,125	2,59	0,75
0,05	0,951	0,56	0,571	1,07	0,343	1,58	0,206	2,09	0,124	2,60	0,074
0,06	0,942	0,57	0,566	1,08	0,340	1,59	0,204	2,10	0,123	2,61	0,074
0,07	0,932	0,58	0,560	1,09	0,336	1,60	0,202	2,11	0,121	2,62	0,073
0,08	0,923	0,59	0,554	1,10	0,333	1,61	0,200	2,12	0,120	2,63	0,072
0,09	0,914	0,60	0,549	1,11	0,330	1,62	0,198	2,13	0,119	2,64	0,071
0,10	0,905	0,61	0,543	1,12	0,326	1,63	0,196	2,14	0,118	2,65	0,071
0,11	0,896	0,62	0,538	1,13	0,323	1,64	0,194	2,15	0,117	2,66	0,070
0,12	0,887	0,63	0,533	1,14	0,320	1,65	0,192	2,16	0,115	2,67	0,069
0,13	0,878	0,64	0,527	1,15	0,317	1,66	0,190	2,17	0,114	2,68	0,069
0,14	0,869	0,65	0,522	1,16	0,313	1,67	0,188	2,18	0,113	2,69	0,068
0,15	0,861	0,66	0,517	1,17	0,310	1,68	0,186	2,19	0,112	2,70	0,067
0,16	0,852	0,67	0,512	1,18	0,307	1,69	0,185	2,20	0,111	2,71	0,067
0,17	0,844	0,68	0,507	1,19	0,304	1,70	0,183	2,21	0,110	2,72	0,066
0,18	0,835	0,69	0,502	1,20	0,301	1,71	0,181	2,22	0,109	2,73	0,065
0,19	0,927	0,70	0,497	1,21	0,298	1,72	0,179	2,23	0,108	2,74	0,065
0,20	0,819	0,71	0,492	1,22	0,295	1,73	0,177	2,24	0,107	2,75	0,064
0,21	0,811	0,72	0,487	1,23	0,292	1,74	0,176	2,25	0,105	2,76	0,063
0,22	0,803	0,73	0,482	1,24	0,269	1,75	0,174	2,26	0,104	2,77	0,063
0,23	0,795	0,74	0,477	1,25	0,287	176,	0,172	2,27	0,103	2,78	0,062
0,24	0,787	0,75	0,472	1,26	0,204	1,77	0,170	2,28	0,102	2,79	0,061
0,25	0,779	0,76	0,468	1,27	0,281	1,78	0,169	2,29	0,101	2,80	0,061
0,26	0,771	0,77	0,463	1,28	0,278	1,79	0,167	2,30	0,100	2,81	0,060
0,27	0,763	0,78	0,458	1,29	0,275	1,80	0,165	2,31	0,099	2,82	0,060
0,28	0,756	0,79	0,454	1,30	0,273	1,81	0,164	2,32	0,098	2,83	0,059
0,29	0,748	0,80	0,449	1,31	0,270	1,82	0,162	2,33	0,097	2,84	0,058
0,30	0,741	0,81	0,445	1,32	0,267	1,83	0,160	2,34	0,096	2,85	0,058
0,31	0,733	0,82	0,440	1,33	0,265	1,84	0,159	2,35	0,095	2,86	0,057
0,32	0,726	0,83	0,436	1,34	0,262	1,85	0,157	2,36	0,094	2,87	0,057
0,33	0,719	0,84	0,432	1,35	0,259	1,86	0,156	2,37	0,094	2,88	0,056
0,34	0,712	0,85	0,427	1,36	0,257	1,87	0,154	2,38	0,093	2,89	0,056
0,35	0,705	0,86	0,423	1,37	0,254	1,88	0,153	2,39	0,092	2,90	0,055

m	c^{-m}	.m	c^{-m}	M	c^{-m}	M	c^{-m}	m	c^{-m}	m	c^{-m}
0,36	0,698	0,87	0,419	1,38	0,252	1,89	0,151	2,40	0,091	2,91	0,055
0,37	0,691	0,88	0,415	1,39	0,249	1,90	0,150	2,41	0,090	2,92	0,054
0,38	0,684	0,89	0,411	1,40	0,247	1,91	0,148	2,42	0,089	2,93	0,053
0,39	0,677	0,90	0,407	1,41	0,244	1,92	0,147	2,43	0,088	2,94	0,053
0,40	0,670	0,91	0,403	1,42	0,242	1,93	0,145	2,44	0,087	2,95	0,052
0,41	0,664	0,92	0,399	1,43	0,239	1,94	0,144	2,45	0,086	2,96	0,052
0,42	0,657	0,93	0,395	1,44	0,237	1,95	0,142	2,46	0,085	2,97	0,051
0,43	0,651	0,94	0,391	1,45	0,235	1,96	0,141	2,47	0,085	2,98	0,051
0,44	0,644	0,95	0,387	1,46	0,232	1,97	0,139	2,48	0,084	2,99	0,050
0,45	0,638	0,96	0,383	1,47	0,230	1,98	0,139	2,49	0,083	3,00	0,050
0,46	0,631	0,97	0,373	1,48	0,228	1,99	0,137	2,50	0,882		
0,47	0,625	0,98	0,375	1,49	0,225	2,00	0,135	2,51	0,081		
0,48	0,619	0,99	0,372	1,50	0,223	2,01	0,134	2,52	0,081		
0,49	0,613	1,00	0,368	1,51	0,221	2,02	0,133	2,53	0,080		
0,50	0,607	1,01	0,364	1,52	0,219	2,03	0,131	2,54	0,079		

Exerciții

Fiecare student va estima tipul de dispersie al unor ierburi de pădure, colectate din 30 pătrate de probă (n = 30), folosind varianta a II pentru calcularea varianței (S^2). Tabelul 41. (Siminonescu , 1983). Datele din tabel se transcriu în caiete.

Tabelul 41. Frecvența unor ierburi de pădure (x), calculată în grame masă uscată și obținută din 10 probe (n)

n	x	x^2	N	x	x^2	n	x	x^2
1	11,5		11	12,2		21	11,0	
2	12,0		12	12,0		22	12,5	
3	10,0		13	13,2		23	11,2	
4	8,9		14	14,5		24	10,1	
5	9,2		15	15,5		25	9,0	
6	9,5		16	8,2		26	8,4	
7	9,4		17	13		27	12,0	
8	10,4		18	9,1		28	10,4	
9	13,1		19	9,5		29	11,1	
10	14		20	10,5		30	10,0	

3.4.3. Structura pe vârste şi sexe a populaţiilor

3.4.3.1. Generalităţi

Structurile pe vârste şi sexe într-o populaţie reprezintă doi parametri importanţi ce influenţează, în mare măsură, densitatea, mărimea şi dinamică efectivului populaţiei în contextul biocenotic. De exemplu, predominarea vârstei reproductive asigură creşterea efectivului. Predominarea femelelor asigură urmaşi mai mulţi.

3.4.3.2. Structura vârstelor

Din punct de vedere fiziologic, vârsta unui organism parcurge trei etape: **prereproductivă (juvenilă), reproductivă şi postreproductivă.**

Vârsta prereproductivă durează de la prima segmentare a oului şi până la prima reproducere.De exemplu, la insecte, stadiul de ou plus cel de larvă reprezintă vârsta prereproductivă.

Vârsta reproductivă durează de la prima reproducere până la ultima reproducere. La insecte, vârsta reproductivă corespunde cu stadiul de adult (imago).

Vârsta postreproductivă înseamnă timpul de la ultima reproducere până la moartea individului.

Fiecare populaţie în evoluţia ei istorică şi-a experimentat o structură de vârstă care-i asigură supravieţuirea şi stabilitatea efectivului în cadrul relaţiilor abiotice şi biotice (concurenţă, prădătorism).

Pentru a cunoaşte structura de vârstă într-o populaţie e necesară colectarea ştiinţifică a probelor de pe o anumită suprafaţă de teren şi determinarea vârstelor.

Vârstele se determină după criterii morfologice, fiziologice, lungimea corpului. De exemplu, în entomologie, stadiul de ou şi larvă corespunde vârstei juvenile (prereproductivă).Medicina umană împarte durata de viaţă a oamenilor în trei clase de vârstă: vârsta I, vârsta II-a, vârsta a III-a.

O metodă simplă de determinare a vârstelor în funcţie de lungimea corpului este metoda maximelor de lungimi succesive CHENO şi CUEN,1967) (citat după Neacşu, 1987).

Reproducem o parte din text şi tabelele .

Intr-un lot de 858 exemplare de peşti aparţinând speciei ***Pseudotolithus elongatus***, cu lungimea corpului între 22 şi 48 de cm s-au

găsit trei clase de vîrstă în funcţie de lungimea corpului şi de frecvenţele maxime în cadrul acestor trei grupe (**Tabel 42.**).

Tabelul 42. Frecvenţa lungimii totale (Lt) a corpului la indivizii de *Pseudotolithus elongatus* şi descompunerea distribuţiei polimodale în trei distribuţii unimodale (M.Lamotte si colab.,1975, citat după Neacşu,1987)

Lungime tot. Lt (cm)	Nr.ind.	Grupa I	Grupa II	Grupa III
22	4	4		
23	21	21		
24	34	34		
25	57	57		
26	83	83		
27	89	89		
28	89	89		
29	72	72		
30	61	57	4	
31	53	34	19	
32	50	21	29	
33	41	4	37	
34	45		45	
35	43		37	6
36	26		26	0
37	26		19	7
38	15		54	11
39	20			20
40	12			12
41	9			9
42	2			2
43	1			1
44	3			3
45	1			1
46	0			0
47	0			0
48	1			1
Total indivizi	858	565	220	73
Lungime medie	30,14	27,41	33,97	39,29

Pentru a ajunge la aceste rezultate trebuie să stabilim frecvenţele maxime din fiecare grupă. Acestea sunt: **89, 45, 20**.Apoi se trece la distribuţia simetrică a indivizilor faţă de frecvenţele maxime. Frecvenţele succesive crescătoare până la frecvenţa maximă rămân neschimbate.Frecvenţele ce urmează după valorile maxime se redistribuie în funcţie de primele valorile. Astfel, valoarea 72 rămâne neschimbată deoarece , frecvenţa simetrică din partea opusă este 83 şi este mai mare.Frecvenţa 61 (din numărul de indivizi) va fi înlocuită cu 57

corespunzător valorii simetrice opuse, valoarea 53 va fi înlocuită cu 34, 50 cu 21, iar 41 cu 4.

Trecem să stabilim valoarea maximă a frecvenței în clasa a II- a, care este 45 deoarece 45 de indivizi au lungimea corpului de 34 cm (din prima coloană a tabelului). Pentru a afla succesiunea crescătoare de frecvențe până la valoarea de 45, procedăm astfel: facem diferențele între șirul descrescător de la prima clasă, astfel: 57 din 61 = 4: 34 din 53 = 19; 21 din 50 = 29; 4 din 41 = 37 (vezi grupa a II din tabel).Frecvențele ce urmeaza după valorile maxime se redistribuie în funcție de primele valori. Astfel, 43 se înlocuieşte cu 37 pentru că valoarea opusă, simetrică este 37, 26 rămâne neschimbat pentru că valoarea simetrică opusă este mai mare, valoarea următoare de 26 se înlocuieşte cu 19 pentru că valoarea simetrică opusă este 19, iar 15 se înlocuieşte cu 4 pentru că valoarea opusa, simetrică este 4.

Stabilim valoarea maximă a frecvenței în clasa a III, care este 20 deoarece 20 este valoarea cea mai mare în șirul descrescător a numărului de indivizi din coloana a II –a a tabelului (20 de indivizi au avut lungimea corpului de 39 cm.). Pentru a afla succesiunea crescătoare pînă la valoarea de 20, procedăm ca în cazul stabilirii succesiunii ca în grupa a II-a. De exemplu, 37 din 43 = 6.

Analiza maximelor succesive a permis deci, descompunerea eșantionului de 858 de indivizi în trei eșantioane, fiecare avînd **565; 220; 73**, indivizi. Calculând apoi, media lungimii corpului din aceste grupe s-au găsit trei categorii de vârstă corespunzătoare taliilor de: **27,4; 34,0; 39,3** cm. Vârsta cronolgică a celor trei grupe se face, recurgând la cercetarea morfologică a mărimei și formei otolitelor, forma și structura solzilor.

Metoda detailată în exemplul de mai sus se utilizează în cazul populațiilor cu distribuție polimodală.

Când distribuția dimensiunii corpului într-o pupulație este unimodală, se utilizează metoda grupării indiviilor pe clase de dimensiuni **(Tabelul 43.)**.

Tabelul 43. Distribuția vârstelor într-o populație de *Cepaea nemoralis* în funcție de diametrul cochiliei (în mm) (după M.Lamotte, citat după Neacșu, 1987)

Nr.crt.	Clasele de dimensiuni în Funcție de diametrul cochiliei	Frecvențele absolute
1	19,5 - 20,4	2
2	20,5 – 21,4	8
3	21,5 – 22,4	19
4	22,5 – 23,4	27
5	23,4 – 24,4	31
6	24,5 – 25,4	12

7	25,5 – 26,4	1
	Total	100

3.4.3.3. Variaţia în timp a structurii vârstelor

Distribuţia claselor de vârstă nu va rămâne niciodată constantă în timp, pentru că natalitatea este integrată sezonier în funcţionarea biocenozei. De exemplu, unele specii de insecte se reproduc primăvara, păsările cuibăresc primăvara pentru că se găseşte hrană pentru pui.
Pentru a determina structura pe vârste într-o populaţie, se colectează material în sezoanele active (primăvară ,vară, toamnă). Un exemplu ni-l oferă ecologul Dajoz, **Tabelul 44.** (citat după Neacşu, 1987).

Tabelul 44. Distribuţia (%) vârstelor (tineret/adulţi) la specia *Lophotryx californica*

Nr.crt	Lunile	Tineret %	Adulţi %
1	I	58	42
2	II	56	44
3	III	54	46
4	Sezonul reproductiv	50	50
5	X	70	30
6	XI-XII	62	38

Reprezentarea grafică pe ordonată a proporţiilor claselor de vârstă ia formă, în general, de piramidă de vârste, pentru că, de obicei, sunt mult mai mulţi juvenili decât bătrâni, (senescenţi, postreproductivi).

Pentru construirea piramidei se procedează în felul următor: Mai întâi, stabilim pe o coală de hârtie milimetrică, mărimea piramidei. In cazul populaţiei umane (tabel nr.), vârstele sunt reprezentate prin procente, pe sexe. Cel mai mare procent al unei clase de vârstă este 11,55 %, iar cel mai mic este de 0,04. La baza colii de hîrtie stabilim o lungime pe care o împărţim în unităţi egale de la 0 la 12, de o parte şi de alta a unei mediane, dacă reprezentăm piramida pe sexe. Reprezentarea claselor de vârste se face succesiv pe verticală prin dreptunghiuri. Figura va lua formă de piramidă Baza piramidei poate fi: **largă, normală şi îngustă.**

Pentru specialişti, forma bazei piramidei reliefează aspecte semnificative ale structurii şi perspectivei efectivului populaţiei.

Astfel, piramida cu baza largă (**Figura 54.**) reliefează predominarea juvenililor şi a adulţilor, populaţia fiind în creştere numerică. Piramida cu baza normală arată echilibrul juvenililor şi al adulţilor,

populaţia fiind staţionară. Piramida cu baza îngustă exprimă predominarea grupelor mature, populaţia fiind în declin.

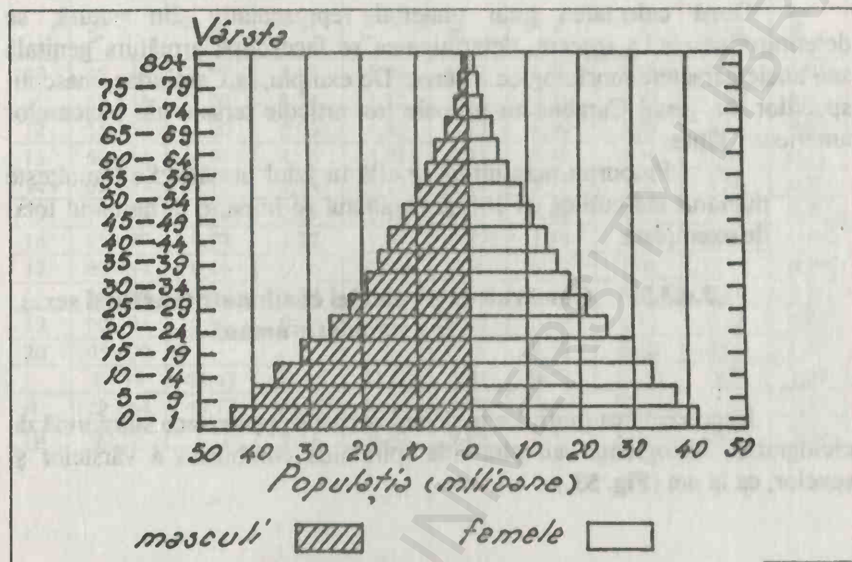


Figura 54. Piramida pe vârste şi pe sexe

3.4.3.4. Structura pe sexe

Structura pe sexe a unei populaţii este un caracter fundamental pentru supravieţuirea şi continuitatea speciei.

Structura pe sexe reprezinta raportul procentual al masculilor şi femelelor faţă de efectivul total sau o cifră etalon 100, 1000, 10.000. Proporţia pe sexe se numeşte **indice sexual** sau **sex ratio**.

Dinamica indicelui sexual este influenţată de factori interni (genetici, fiziologici) şi externi (ecologici). De exemplu, unii prădători prefera indivizii de sex masculin sau femenin. Femelele de păsări care clocesc pe sol sunt mai vulnerabile decât masculii ceea ce influenţează proporţia sexelor într-un anumit sezon.

In ce priveşte distribuţia sexelor într-o populaţie, teoretic sunt posibile trei situaţii:

1.**Distribuţia** sexelor este aproape **egală** de 50%, la om şi numeroase specii de animale;

2.Distribuţie cu predominarea **masculilor** ca la numeroase specii de insecte (competiţia pentru femele este crescută);

3.Distribuţie cu predominarea **femelelor** (la insecte (Homoptera, Hymenoptera).

După colectarea unui material reprezentativ din natură, se determină sexele.La insecte, determinarea se face după armătura genitală sau unele caractere morfologice externe. De exmplu, la Carabidae, masculii speciilor din genul Carabus au primele trei articole tarsale ale picioarelor anterioare, lăţite.

Proporţia masculilor se află în felul următor:Se înmulţeşte numărul masculilor cu 100 şi rezultatul se împarte la numărul total de exemplare.

3.4.3.5. Construirea piramidei combinate (vârste şi sexe) la o populaţie umană

Reprezentarea grafică a indicelui sexual se poate face sub formă de ciclogramă, histogramă sau piramidă (piramida combinată a vârstelor şi sexelor, ca la om **(Fig. 53.)**.

Exerciţii

Fiecare student va construi piramida combinată a vârstelor şi sexelor la om pe baza datelor din ***Tabelul 45., 46.*.**

Tabelul 45. Structura procentuală a populaţiilor pe vârste şi sexe din 15 sate din Moldova (după Simionescu,1983).

Nr. Crt.		1970				1980			
	Vârsta	B %	F %	Total %	B/F	B %	F %	Total%	B/F
1	0 - 4	11,49	10,63	11,05	1,04	6,83	6,52	6,89	1,00
2	5 - 9	9,11	8,74	8,92	1,01	9,04	9,35	9,19	0,98
3	10 - 14	11,68	11,55	11,62	0,98	12,11	11,18	11,65	1,10
4	15 - 19	10,17	9,52	9,84	1,03	8,57	7,84	8,21	1,11
5	20 - 24	7,80	6,74	7,26	1,12	9,32	7,89	8,61	1,20
6	25 - 29	5,04	5,35	5,19	0,91	8,10	5,93	7,03	1,39
7	30 - 34	6,87	7,38	7,13	0,90	5,24	5,25	5,25	1,01
8	35 - 39	8,01	7,40	7,70	1,05	4,47	5,06	4,76	0,90
9	40 - 44	6,89	6,73	6,81	0,99	5,68	7,06	6,72	0,92

Nr. Crt.	Vârsta	1970				1980			
		B %	F %	Total %	B/F	B %	F %	Total%	B/F
10	45 - 49	5,37	5,55	5,46	0,93	7,31	7,35	7,33	1,01
11	50 - 54	2,90	3,74	3,32	0,75	6,21	6,32	6,27	1,00
12	55 - 59	4,00	5,03	4,52	0,77	4,99	5,22	5,10	0,97
13	60 - 64	4,01	4,06	4,03	0,95	2,40	3,41	2,90	0,71
14	65 - 69	3,14	3,24	3,19	0,93	3,15	3,98	3,56	0,80
15	70 - 74	1,80	2,09	1,95	0,83	2,82	3,30	3,06	0,87
16	75 - 79	0,97	1,22	1,09	0,77	1,86	2,15	2,00	0,88
17	80 - 84	0,46	0,66	0,56	0,68	0,77	1,06	0,92	0,74
18	85 - 89	0,19	0,29	0,24	0,65	0,30	0,46	0,36	0,56
19	90 - 94	0,06	0,04	0,05	1,33	0,09	0,15	0,12	0,61
20	95 - 99	-	-	-	-	0,02	0,02	0,03	1,00
I	0 - 19	42,47	40,45	41,44	1,01	36,56	35,32	35,95	1,05
II	29 - 64	49,73	50,82	50,29	0,94	53,63	52,52	53,08	1,04
III	65 - x	7,79	8,72	8,26	0,86	9,80	12,15	10,96	0,82

Tabelul 46. Structura procentuală a populațiilor pe vârste și sexe din cinci sate, județul Maramureș (după Simionescu, 1983)

Nr. crt.	Vârsta	1970				1980			
		B %	F %	Total %	B/F	B %	F %	Total %	B/F
1	0 - 4	5,39	5,97	5,68	0,87	6,95	6,09	6,51	1,13
2	5 - 9	7,39	7,05	7,21	1,01	7,91	6,71	7,31	1,17
3	10 - 14	7,86	8,15	8,01	0,93	7,08	7,21	7,15	0,97
4	15 - 19	9,14	8,82	8,98	1,00	7,40	7,41	7,44	1,00
5	20 - 24	8,00	8,07	8,03	0,96	7,02	6,19	6,60	1,12
6	25 - 29	7,11	7,85	7,49	0,88	6,89	6,32	6,60	1,08
7	30 - 34	7,30	7,58	7,45	0,93	5,83	6,25	6,04	0,92
8	35 - 39	8,27	7,07	7,66	1,33	6,72	6,75	6,73	0,99
9	40 - 44	6,30	5,89	6,09	1,03	6,79	7,54	7,16	0,89
10	45 - 49	6,11	7,32	6,72	0,81	8,11	7,67	7,89	1,05
11	50 - 54	4,55	4,20	4,37	1,05	6,32	6,16	6,24	1,02
12	55 - 59	6,89	5,86	6,37	1,113	6,22	8,16	7,20	0,76
13	60 - 64	5,61	4,95	5,27	1,09	3,97	4,11	4,04	0,96
14	65 - 69	4,30	4,12	4,21	1,01	5,43	5,16	5,30	1,04

Nr. crt.	Vârsta	1970				1980			
		B %	F %	Total %	B/F	B %	F %	Total %	B/F
15	70 - 74	2,05	2,56	2,31	0,77	3,74	4,48	4,11	0,83
16	75 - 79	1,58	2,18	1,89	0,70	2,32	2,37	2,34	0,97
17	80 - 84	1,39	1,80	1,60	0,74	0,70	0,98	0,84	0,70
18	85 - 89	0,53	0,37	0,45	1,35	0,50	0,33	0,41	1,50
19	90 - 94	0,22	0,19	0,20	1,14	0,03	0,10	0,07	0,33
I	0 - 19	29,77	29,99	29,88	0,96	29,43	27,42	28,42	1,06
II	29 - 64	60,15	58,79	59,46	0,99	57,86	59,15	58,51	0,97
III	65 - x	10,08	11,22	10,66	0,87	12,71	13,43	13,07	0,94

3.4.4. Dinamica populaţiei

3.4.4.1. Generalităţi

Dinamica populaţiei reprezintă variaţia sezonieră şi anuală a numărului de indivizi, a structurii şi modului de organizare. Dinamica numerică exprimă unitatea cu condiţiile de mediu şi reflectă variaţia fluxului de energie ce influenţează producţia şi productivitatea în biocenoză

In cazul nevertebratelor artropode, estimarea dinamicii numerice se face prin respectarea metodologiei colectării materialului, deosebit de importantă pentru cercetarea ştiinţifică (suprafaţă de studiu, metoda de colectare, numărul de colectări pe lună, determinarea, analiza şi interpretarea datelor).Dacă avem în vedere să estimăm dinamica unui grup de artropode (acarieni edafici, miriapode, insecte epigee etc) în biotopi diferiţi, este necesar să respectăm criteriul egalităţii, adică aceeaşi metodă de colectare, acelaşi număr de capcane, aceeaşi configuraţie de amplasare a capcanelor, acelaşi număr de zile de funcţionare. Dacă nu s-a putut respecta criteriul ştiinţific, putem folosi o unitate de comparaţie, coeficientul de capturare.

Coeficientul de capturare se calculează după relaţia: % = numărul capturilor x 100 supra numărul capcanelor x numărul zilelor de funcţionare

De exemplu, într-un lan de grîu au funcţionat 12 capcane de sol, timp de 15 zile şi s-au capturat 150 exemplare de carabidae; în alt lan au funcţionat, în aceeaşi perioadă, numai şase capcane şi s-au capturat 82 de exemplare. In primul caz, coeficientul de capturare este 83,3, iar în al doilea caz 91,1.

Caracteristicele dinamicii (vârfuri, fluctuaţii) se observă bine prin reprezentarea grafică a acesteia.

Exerciţii

*Fiecare student va reda grafic, dinamica populaţiei de **Apodemus sylvaticus (Tabelul 47.)** şi dinamica comparativă a populaţiilor de carabide din trei biocenoze, **Tabelul 48., 49.**.*

Tabelul 47. Dinamica lunară a unei populaţii de *Apodemus sylvaticus* (sexe, vîrste) în fînaţul Valea lui David, 1978. (după Simionescu, 1983)

	Lunile	Masculi	%	Femele	%	Adulţi	%	Tineri	%
1	Aprilie	5	83,33	1	16,67	6	100	0	0
2	Mai	8	80,00	2	20,00	10	100	0	0
3	Iunie	2	66,66	1	33,34	3	100	0	0
4	Iulie	4	66,66	2	33,34	5	83,83	1	16,67
5	August	6	34,49	3	33,34	5	55,55	4	44,45
6	Septembrie	10	55,55	19	65,51	7	24,14	22	75,86
7	Octombrie	5	51,85	4	44,45	2	22,23	7	77,77
8	Noiembrie	14	54,55	13	48,15	18	66,66	9	34,34
	Total	54	54,55	45	45,45	56	56,56	43	43,44

Tabelul 48. Dinamica numerică lunară a unei populaţii de *Apodemus sylvaticus* (sexe, vârste) în fânaţul Valea lui David, 1979 (după Simionescu, 1983)

Nr.crt	Lunile	Masculi	%	Femele	%	Adulţi	%	Tineri	%
1	Mai	5	83,33	1	16,67	6	100	0	0
2	Iunie	5	62,50	3	37,50	5	62,50	3	37,50
3	Iulie	8	57,14	6	42,86	11	78,57	3	21,43
4	August	14	50,00	14	50,00	10	35,71	18	64,29
5	Septembrie	16	47,05	18	52,95	10	29,44	24	70,56
6	Octombrie	25	55,55	20	44,45	22	48,48	23	51,29
7	Noiembrie	27	45,55	33	55,00	34	56,00	26	43,34
	Total	100	51,28	95	48,72	98	51,85	97	44,45

Tabelul 49. Dinamica numerică a familiei Carabidae în trei biocenoze, Hemeiuşi, Bacău (Ciorbaru, 1980)

Datele de	Lucernă		Grâu		Porumb	
Colectare	Nr. ind.	%	Nr. ind.	%	Nr. ind.	%
11 mai	259	9,57	48	3,03	0	0
21 mai	124	4,58	134	8,46	0	0
31 mai	138	5,10	129	8,15	0	0
10 iunie	122	4,51	561	35,44	25	2,06
20 iunie	138	5,10	66	4,16	138	11,38
30 iunie	210	10,72	203	12,82	146	12,03
10 iulie	99	3,66	99	6,25	25	2,06
20 iulie	55	2,03	92	5,82	23	1,90
30 iulie	60	2,21	136	8,59	107	8,82
9 august	217	8,03	34	2,15	105	8,66
19 august	215	7,95	46	2,91	87	7,17
29 august	346	12,87	25	1,58	64	5,20
8 septembrie	208	7,69	10	0,64	245	20,20
18 septembrie	277	10,25	0	0	138	11,38
28 septembrie	113	4,18	0	0	47	3,87
8 octombrie	42	1,55	0	0	52	4,29
18 octombrie	0	0	0	0	11	0,90
Total	2705	100	1583	100	1213	100

3.4.4.2. Formele de creştere ale populaţiei

Cele mai simple modele de creştere ale populaţiilor sunt: **Creşterea exponenţială şi creşterea logistică**.

Pentru ca efectivul unei populaţii să crească, este necesar ca rata natalităţii să fie mai mare decât rata mortalităţii; dacă rata mortalităţii este mai mare decât rata natalităţii, efectivul scade, este în declin.

Rata natalităţii este raportul dintre numărul de indivizi născuţi (n) într-o unitate de timp şi efectivul populaţiei sau un etalon al acesteia.

Rata mortalităţii este raportul dintre numărul de indivizi morţi (m) într-o unitate de timp şi efectivul populaţiei No. Mortalitatea poate fi cauzată de vârstă, vitalitate scăzută, accidente,condiţii fizico-chimice, boli, prădători, paraziţi, insuficienţă de hrană, uscăciune, canibalism.

Din raportul între rata natalităţii şi rata mortalităţîi rezultă o viteză specifică de creştere, notată cu r. Dacă r este egal cu zero, populaţia este în echilibru (efectivul nu creşte, nu scade)

Pentru a deduce şi stabili modelul de creştere al unei populaţii (exponenţial sau logistic) trebuie să comparăm creşterea observată (conform datelor de colectare) cu cea calculată teoretic, conform ecuaţiilor de creştere exponenţială şi creştere logistică. Dacă există concordanţă şi paralelism

între forma creşterii observate (empirice) şi cea teoretică (calculată), concluzionăm tipul (modelul) de creştere.

3.4.4.2.1. Creşterea exponenţială

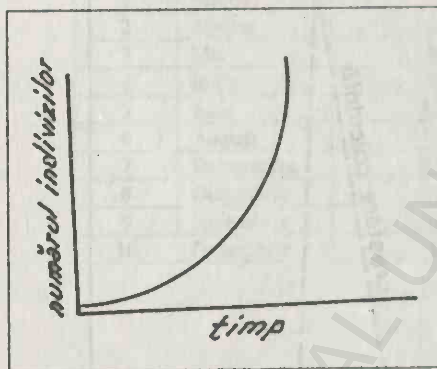
Ecuatia creşterii (**Figura 55.**)exponenţiale este Nt = No.ert

Unde:

Nt reprezintă mărimea numerică a populaţiei la un anumit interval de timp;

No reprezintă mărimea numerică a populaţiei la timpul zero, respectiv la momentul precedent

e = baza logaritmilor naturali = 2,71282



r = viteza specifică de creştere numerică ce rezultă din raportul dintre natalitate şi mortalitate, constantă considerată arbitrar ca fiind egală cu 1

t = numărul unităţilor de timp de realizare a lui r (se considreră 1, dacă intervalele de colectare sunt egale (din 15 în 15 zile, din lună în lună).

Figura 55. Curba exponenţială

Ex.: Tabelul 57. *conţine rezultatele colectărilor lunare (februarie-noiembrie,1974) şi calculate teoretic a speciei de Oribatidae* ***Minunthozetes pseudofusiger*** *din orizontul organic al pădurii Poieni, Iaşi*

Tabelul 50. Dinamica numerică a populaţiei de *Minunthozetes pseudofusiger* în orizontul organic al pădurii Poieni - Iaşi

Nr.crt.	*Lunile*	*Abundenţa colectată*	*Abundenţa calculată*
1	*Februarie*	*8*	*0*
2	*Martie*	*29*	*21,744*
3	*Aprilie*	*42*	*78,822*
4	*Mai*	*147*	*114,256*
5	*Iunie*	*406*	*399,546*
6	*Iulie*	*489*	*1103,508*
7	*August*	*871*	*1323,102*
8	*Septembrie*	*234*	*2367,378*
9	*Octombrie*	*226*	*626,012*
10	*Noiembrie*	*217*	*614,268*
	Total	*2669*	*6648,64*

Pentru a calcula creşterea teoretică exponenţială, introducem datele în formula expusă.

De exemplu, pentru luna martie. : $N_{martie} = 8 \times 2{,}71828 \times 1 \times 1 = 21{,}744$.

Pentru luna aprilie = $N_{aprilie} = 29 \times 2{,}71828 \times 1 \times 1 = 78{,}822$.

Pentru a construi graficul procedăm în felul următor:

Pe ordonată organizăm scara numerică a datelor observate şi calculate, iar pe abscisă trecem lunile la intervale egale: 1, 2 3, 4 etc. Se obţine un grafic ca în ***Figura 56.***.

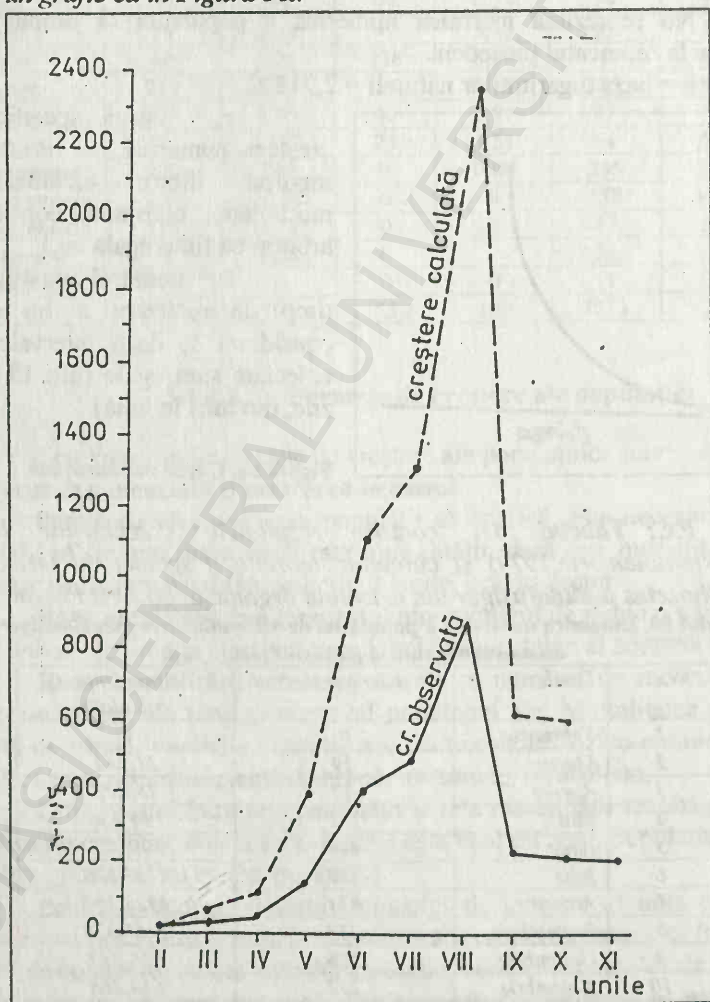


Figura 56. Creşterea numerică observată şi creşterea teoretică

Exerciţii

*Fiecare student va transfera datele din **Tabelul 51.** în caietul propriu, va calcula creşterea teoretică şi va întocmi graficul pe hârtie milimetrică*

Tabelul 51. Dinamica numerică a populaţiei de *Trichoniscus pusillus* (Ord. Isopoda, Crustacea)

Nr.crt.	Lunile	Abundeţa colectată	Abundenţa calculată
1	Martie	8	
2	Aprilie	36	
3	Mai	46	
4	Iunie	96	
5	Iulie	120	
6	August	155	
7	Septembrie	212	
8	Octombrie	106	
9	Noiembrie	60	
10	Decembrie	10	

3.4.4.2.2. Creşterea logistică a populaţiei

Modelul exponenţial de creştere nu este realist în întregime deoarece între populaţie şi condiţiile de existenţă (spaţiu, hrană, concurenţă) există unitate şi interacţiune. Astfel, creşterea populaţiei exercită o presiune asupra hranei, spaţiului, locurilor de depunere a pontelor care devin insuficiente şi frânează creşterea numerică.

Frânarea creşterii este progresivă, de formă sigmoidă, care va deveni asimptotică odată cu atingerea plafonului de saturaţie al mediului sau capacitatea limită de suport, notată cu K. Creşterea populaţiei se exprimă printr-o curbă logistică ca în **Figura 57.**.

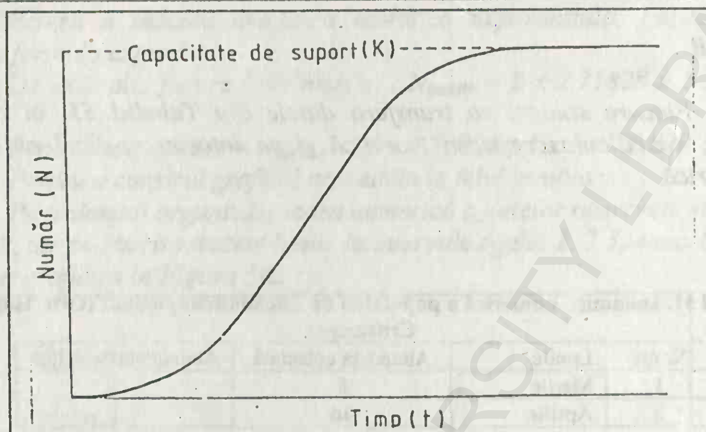


Figura 57. Curba logistică

$$Nt = \frac{Nr(K-N)}{K}$$

Nt reprezintă efectivul numeric al popualției N la un anumit interval de timp t (zile, lùni, ani).

r înseamnă viteza specifică de creştere. Se consideră 1 cînd probele se colectează la intervale egale de timop (zile, luni, ani).

K reprezintă mărimea maximă atinsă de populaţie.

Exemplul de calcul

Fazele de creştere	Marimea populatiei N	$\frac{K-N}{K}$	Rata de creştere DNt
S1 (2 ani)	20		
S2 (3 ani)	50		
S3 (4 ani)	100		
S4 (5 ani)	150		
S5 (6 ani)	180		
S6 (7 ani)	200		

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

1. **ANDREI T., STANCU S., 1995,** *Statistica - teorie şi aplicaţie.* Editura All;

2. **BAILEY T.J.N., 1981,** *Statistical Methods in Biology.* Ediţia a II-a. Ed. Cambridge University Press;

3. **BENNETT P. DONALD, HUMPHRIES A. DAVID, 1977,** *Introduction to Field Biology.* Edward Arnold (Publishers) Ltd.;

4. **BISHOP O.N., 1971,** *The Principles of Modern Biology - Statistics for Biology.* Ediţia a II-a. Ed. Longman;

5. **CEAPOIU M., 1968,** *Metode statistice aplicate în experienţele agricole şi biologice.* Ed. Agro-Silvică, Bucureşti;

6. **COX W.G., 1996,** *Laboratory Manual of General Ecology.* Ediţia a VII-a. Ed. Wm. C. Brown Publishers;

7. **HAMPTON E.R., 1994,** *Introductory Biological Statistics.* Ed. Wm. C. Brown Publishers;

8. **IOSIFESCU M., MOINEAGU C., TREBICI V.,URSIANU EMILIA, 1985,** *Mica enciclopedie de statistică.* Ed. Stiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti;

9. **NEACSU P., 1987,** *Lucrări practice de Ecologie.* Bucureşti;

10. **NEACSU P., APOSTOLACHE-STOICESCU ZOE, 1982,** *Dicţionar de Ecologie.* Ed. Stiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti;

11. **PARVU C., 1999,** *Ecologie generală.* Ed. Tehnică, Bucureşti;

12. POSTELNICU VIORICA, COATU SILVIA, 1980, *Mica enciclopedie matematică* (traducere după Kleine Enzyklopadie der Mathematik ed. VI-a, 1971 şi Mathematics at a glance, 1975). Ed. Tehnică, Bucureşti;

13. SIMIONESCU VIORICA, 1983, *Lucrări practice de Ecologie*. Iaşi;

14. SLINGSBY D., COOK C., 1992, *Practical Ecology*. Macmillan Distribution Ltd.;

15. SNEDECOR W.G., 1968, *Metode statistice aplicate în cercetările de agricultură şi biologie* (traducere din limba engleză). Bucureşti;

16. SOUTHWOOD, T. R. E., 1966, *Ecological Methodes with Particular Reference to the Study of Insect Populations*. London, Methuen and CO LTD;

17. STAN GH., 1994(1995), *Metode statistice cu aplicaţii în cercetările entomologice (VI)*. Bul. inf. Soc. Lepid. Rom. 5 (3-4), pg. 257-280;

18. STAN GH., 1994, *Metode statistice cu aplicaţii în cercetările entomologice (IV)*. .Bul. inf. Soc. Lepid. Rom. 5 (1), pg. 13-25;

19. STAN GH., 1994, *Metode statistice cu aplicaţii în cercetările entomologice (V)*. Bul. inf. Soc. Lepid. Rom. 5 (2), pg. 113-126;

20. STAN GH., 1995, *Metode statistice cu aplicaţii în cercetările entomologice (VII)*. Bul. inf. Soc. Lepid. Rom. 6 (1-2), pg. 67-96;

21. THOMPSON-CLOUDSLEY J.L., 1969, *Microecology*. Edwar Arnold (Publishers) Ltd.;

22. VARVARA MIRCEA, 2000, *Curs de Ecologie*. Vol. 1, Ed. Univ. "Al. I. Cuza" – Iasi.